

0.97.98
Т-78

ГОСПЛАН СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

ТРУДЫ

ТОМ XLIV

**ВОПРОСЫ
ФИЗИОЛОГИИ РЫБ**

Т. 44

ПИЩЕПРОМИЗДАТ

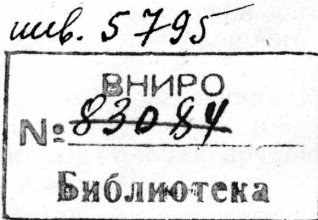
ГОСПЛАН СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

ТРУДЫ

597.98
71-78
ТОМ XLIV

ВОПРОСЫ ФИЗИОЛОГИИ РЫБ

Под редакцией
проф. Г. С. Карзинкина



ПИЩЕПРОМИЗДАТ
Москва. 1961

Настоящий сборник посвящен результатам физиологических исследований в области рыбоводства.

В вводной статье дана краткая сводка развития физиологии рыб и указаны некоторые нерешенные проблемы в этой области.

Публикуемые работы делятся на две группы: одни из них освещают проблему единства организма и среды, другие отвечают на конкретные вопросы, поставленные практикой. В работах, помимо биологических и химических методов исследования, использована методика меченых атомов.

В ряде статей указана роль в обмене веществ минеральных солей и органических соединений, растворенных в воде, выяснено отношение рыбы к свободной углекислоте и карбонатным соединениям.

На примере работы осетровых заводов Азербайджана показана возможность направленного воздействия на окружающую среду с целью увеличения выхода рыбной продукции.

Приведены результаты мечения молоди осетровых рыб радиосактивным фосфором и кальцием и количественного учета молоди в прудах с применением P^{32} .

Показаны пути решения проблемы выделения высокопродуктивной группы рыб.

Получены данные по улучшению пищевой ценности искусственных кормов, применяемых в карповых хозяйствах.

Приведены сведения, способствующие познанию проблемы динамики численности. Описаны опыты по изучению суточных вертикальных миграций планктоноядных рыб.

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

Г. С. КАРЗИНКИН

Выполнение перспективных планов развития рыболовства ставит перед рыбохозяйственной наукой большие задачи, связанные с выяснением закономерностей поведения, перемещения, образования скоплений рыб и разработкой методики прогноза и управления этими явлениями. Большие задачи стоят перед воспроизводством запасов туводных, полупроходных и проходных рыб. В комплексе научных исследований значительное место принадлежит физиологии рыб.

Подведение итогов исследований в этой области и определение перспективных задач имеет большое значение для решения ряда рыбохозяйственных проблем.

Итоги физиологических исследований, впервые подведенные на Всесоюзном совещании по физиологии рыб в 1956 г., свидетельствуют о том, что эти исследования всегда осуществлялись в тесной связи с запросами рыбного хозяйства. Установив определенные успехи в развитии этой науки, совещание выявило и значительное отставание некоторых разделов физиологии рыб от запросов и интересов практики.

В развитии физиологии рыб можно наметить два этапа. Первый из них охватывает девяностые годы прошлого столетия и первое десятилетие настоящего века.

Основное направление исследований на этом этапе определялось работами школы К. Цунца [105, 106, 108—113, 120, 121], тесно связанными с проблемой интенсификации прудовых хозяйств за счет кормления рыбы и удобрения водоемов.

Начало второго этапа физиологических исследований приходится на тридцатые годы текущего столетия. Следует указать на работы школы проф. С. Н. Скадовского [1, 13, 14, 30, 33—37, 60, 61, 65, 77, 78, 81, 82, 85—87], ученики которого в эти годы переходят от изучения обмена веществ у беспозвоночных животных к изучению его у рыб. В этих работах внимание главным образом уделяется зависимости газообмена и других элементов обмена от ряда внешних факторов, в частности от рН и солености среды. Изучают также кровь рыб и влияние на нее внешних и внутренних факторов. Объектами исследования были проходные (осетровые, сельдевые) и туводные рыбы, в том числе карп.

В это же время на гидробиологической станции на Глубоком озере, а затем на лимнологической станции в Косино начали изучать физиологию питания прудовых и озерных рыб [39—42, 103]. Это направление исследований исходило из положения, что изучение физиологии рыб является не целью, а средством познания продуктивности водоемов.

На Глубокоозерской станции занимались также изучением дыхания рыб [4].

Наряду с работами, проводившимися с пресноводными рыбами, во ВНИРО по сходной тематике, но уже с морскими рыбами работали А. Ф. Карпевич и Е. Н. Бокова [11, 46, 47].

В тридцатых же годах в системе ВНИОРХа была создана лаборатория физиологии рыб, которую возглавил В. А. Павлов. Тематика этой лаборатории была связана главным образом с работами по акклиматизации и, естественно, большее внимание уделялось изучению физиологии крови и газообмену у рыб [62—64, 70—73]. В изучение некоторых вопросов физиологии рыб включились также биологи ЛГУ [19—21, 89].

В эти же годы начали читать курс лекций по физиологии рыб в Московском техническом институте рыбной промышленности и хозяйства, где была создана специальная кафедра, которой впоследствии руководил Н. В. Пучков [76]. Начал проводить работы в области физиологии и ВНИПРХ [31, 58]. В 1936 г. по инициативе кафедры гидробиологии МГУ была созвана конференция по вопросам экологии и физиологии рыб и водных беспозвоночных, на которой были сделаны интересные сообщения, касающиеся обмена веществ, питания рыб, вопросов, связанных с созреванием половых продуктов и т. д. К сожалению, труды совещания не были опубликованы.

Как видно из сказанного, исследования физиологии рыб развивались главным образом по пути изучения различных сторон обмена веществ. Это объясняется тем, что исследования проводились, в первую очередь, в интересах рыбоводства.

Попыткой ликвидировать тот большой разрыв, который существовал между учетом кормовой базы и ее связью с рыбным населением, явились работы А. Ф. Карпевич и Е. Н. Боковой [11, 46, 47], ряд работ Г. С. Карзинкина [39—42], Е. А. Яблонской [103] и некоторые другие.

Двадцать лет тому назад нам приходилось отмечать [40], что «при современном знании физиологии питания рыб... существует значительный разрыв между тем, что может дать гидробиология хозяйственнику, и тем, что она фактически дает. Погоня гидробиологов за наиболее точными орудиями лова, погоня за более реальными данными количественного и весового учета живого (нерыбного) населения водоемов является погоней за величинами, которые для рыбохозяйственников представляют ту же или немногим большую ценность, чем цифровой материал, полученный при использовании примитивных орудий лова». Связать величины биомассы живого нерыбного населения с показателями ихтиомассы мы не можем. И мы отмечали, что надо заниматься не упрощением гидробиологической методики, а изучением физиологии питания рыб в широком смысле этого слова.

Мы искали «мост» от кормовой базы к рыбной продукции, т. е. работали над проблемой расширения воспроизводства.

До настоящего времени исследования обмена веществ у рыб углублялись и расширялись, и в их сферу включались не только пресноводные, но и проходные, и морские рыбы. Вопросам же изучения поведения рыб, их высшей нервной деятельности уделялось все время очень мало внимания. В этом отношении характерно, что на совещании по поведению и разведке рыб [90] в 1953 г. не было представлено ни одного доклада по физиологии их поведения.

В публикуемых трудах достижения и перспективы развития исследований по физиологии рыб рассматриваются в свете основных задач, стоящих перед рыбным хозяйством нашей страны.

Основой ряда других научных рыбохозяйственных проблем является, в известной мере, проблема биологической продуктивности.

Понимая ее как проблему расширенного воспроизводства биопродуктов, мы должны при ее решении обязательно изучать существующие

в водоеме связи, ведущие от низших звеньев производственного процесса к воспроизводству конечного продукта, т. е. рыбы [43].

В настоящий сборник включен ряд работ, отражающих тесную связь рыб с окружающей их средой: в некоторых работах И. Ф. Вельтищевой показано, как путем воздействия на факторы среды достигается повышение продуктивности водоемов; И. П. Чистякова описывает влияние газового режима на ряд сторон жизнедеятельности рыб и т. д.; А. П. Иванов устанавливает влияние полноценного кормления на выход рыбной продукции.

Получаемая из водоемов продукция характеризуется числом особей, их весом и присущими им биохимическими показателями. Для нас важно не только количество, но и качество образующегося продукта [43]. По существу проблему продуктивности нельзя решать без знания физиологии других животных и растений, участвующих в создании биопродукта. Ведущая роль в проблеме биологической продуктивности водоемов принадлежит связи воспроизводимого продукта с кормовой базой, которая неодинакова в различных водоемах, в разные моменты жизни рыб и в различные сезоны.

Кормовая база является источником построения всей «химии» биопродукта: его белков, жиров и углеводов. В этом процессе, ведущем к образованию органического вещества, специфичного для данного вида, складываются пищевые отношения хищника и жертвы, оставляющие неизбежный отпечаток на их морфологических признаках. На этой почве вырабатываются, например, формы пищевых связей, не наблюдающиеся или слабо выраженные у наземных животных,—осмотическое питание.

В свете мичуринского учения о единстве среды и организма и благодаря использованию методики «меченых» атомов вновь воскресает теория осмотического питания водных организмов, но роль его оценивается уже иначе.

Благодаря применению радиоактивных изотопов выявилась возможность более глубокого понимания физиологической значимости тех или иных растворенных в воде веществ. Этому вопросу посвящены работы И. Ф. Вельтищевой по использованию рыбами C^{14} бикарбоната и И. В. Смеловой по использованию растворимой серы. На проникновение веществ из раствора в тело рыбы основывается методика мечения молоди осетровых Ca^{45} , излагаемая М. П. Богоявленской.

В настоящее время доказана возможность проникновения ионов кальция и фосфора не только через жабры, но и через кожу рыб. Как показали опыты И. А. Шехановой и М. П. Богоявленской [9—10, 94—96], фосфор проникает из раствора в меньшей степени, чем кальций; потребность в кальции путем всасывания его из воды может покрываться на 90%, а потребность в фосфоре — только на 2—3%.

Доказано, что минеральный фосфор очень быстро переходит в органический. При этом у молоди рыб от одних и тех же производителей наблюдается разная интенсивность фосфорного обмена. Отсюда возникла идея о возможности по фосфорному обмену дифференцировать рыб на быстро и медленно растущих для отбраковки последних как малопродуктивных. Частью этой работы является статья И. А. Шехановой.

Ряд проведенных работ свидетельствует о необходимости более пристального внимания к ионному соотношению солей и подчеркивает роль антагонизма ионов в воспроизводстве рыб. Соотношение Mg/Ca вне зависимости от пищевого фактора может определять весовой выход продукции. Можно рекомендовать рыбводам отдельно анализировать кальциевую и магниевую жесткость воды и поддерживать оптимальное соотношение магния и кальция 1:4. Данные по росту

молоди осетра при высокой концентрации кальция (150 мг/л) и различном соотношении магния и кальция приведены в таблице.

Показатели	Соотношение магния и кальция	
	1 : 11,1	1 : 3,7
Вес рыбы в мг		
начальный	974	800
конечный	1488	1859
Продолжительность опыта в сут-ках	32	28
Общий прирост		
в мг	514	1054
в % от исходного веса . . .	52,8	131,8

Новые интересные данные получены в результате изучения влияния на рыб растворенной углекислоты. Опыты И. Ф. Вельтищевой показали, что меченый углерод соды ($\text{NaHC}^{14}\text{O}_3$) проникает из раствора в тело рыбы, принимает участие в синтезе гликогена печени и мышц, входит в состав белков, а затем и жиров. Так на рыбах подтверждается положение, установленное на ряде сапрофитов и наземных позвоночных. Речь идет об ограниченности нашего представления о том, что перевод минеральных форм углерода в органические соединения протекает только за счет деятельности автотрофных растений [53, 80, 104, 107, 114, 115, 117—119]. Следовательно, наряду с отрицательным влиянием CO_2 на организм рыбы имеются и положительные стороны этого воздействия.

Однако из этих примеров нельзя сделать вывода о том, что все вещества проникают в тело рыбы одинаково легко. Этому вопросу посвящена публикуемая в настоящем сборнике работа И. В. Смеловой, установившей, что плохо проникает в рыбу из раствора сера сульфидов и особенно сульфатов. Проникнув в рыбу, минеральная сера переходит в серу аминокислоты цистина [84]. Интересно, что растворенные цистин и метионин могут весьма интенсивно всасываться и проникать в тело рыбы. Это, видимо, делает возможным осмотическое питание водных организмов. При этом сера метионина в организме переходит в серу цистина, но обратного явления не наблюдается. Иначе говоря, доказано, что метионин для рыб так же, как и для высших позвоночных животных, является незаменимой аминокислотой.

Таковы первые результаты оценки физиологической значимости для рыб тех или иных гидрохимических показателей, полученные при работе с использованием радиоизотопов. Работы в этой области несомненно надо продолжать, так как они облегчат возможность направленного воздействия на солевой состав водоемов в целях повышения их продуктивности.

Обмен веществ у рыб находится в тесной связи с газовым и температурным режимом водоема. Закономерностям газового обмена в зависимости от ряда факторов посвящена сводная работа Г. Г. Винберга, освещающая, в основном, проблему энергетического обмена у рыб. Однако, несмотря на наличие этой сводки, исследователи не освобождаются от необходимости изучения газового обмена у конкретных видов в определенных условиях.

Пользуясь условно-рефлекторной методикой И. П. Павлова, физиологи доказали способность рыб к выбору пищи. Некоторые виды рыб

могут отличать весьма малые дозы сладкого, которые человек не воспринимает, и, наоборот, у них слабо развито чувство горького. Сигнальное значение для пищевого рефлекса может иметь запах объекта, его цвет, форма и даже соотношение размеров и т. д. У различных видов рыб устанавливаются различные связи: у одних через зрительные рецепторы, у других, в основном, через обоняние и т. д. [18, 22, 38, 54, 69, 74, 75]. Несомненно, однако, то, что рыбы способны дифференцировать пищу.

Найдены пути, позволяющие с большей или меньшей приближенностью устанавливать количество пищи, потребляемой рыбами [43]. Проведены работы по определению содержания питательных веществ в кормовых организмах планктона и бентоса [5, 12, 17, 32, 42, 56, 103].

Специальные физиологические опыты по изучению перевариваемости рыбами кормовых организмов позволили включить в оценку кормовой базы, помимо числа и веса организмов, содержание в них питательных веществ и энергии.

В итоге оказалось возможным сравнивать по кормовой ценности водоемы, до этого трудно сопоставимые [103].

Применение в ряде работ так называемых балансовых опытов по азоту позволило не только установить величину потребления корма, но и подойти к выяснению продуктивного его действия, т. е. определить, из скольких единиц съеденной пищи продуцируется единица прироста органических веществ тела рыбы. Изучение хода этого процесса в тех или иных условиях водоема, в различные сезоны, на разных этапах развития и т. д. с учетом количественных показателей накопления органического вещества и качественных его изменений (особенно изменений белков и жиров) подводит нас к решению важнейшего вопроса проблемы продуктивности — вскрытию закономерностей воспроизводства пищевого продукта.

При решении этой проблемы особое внимание должно быть уделено изучению изменения обмена веществ у рыб и продуктивности водоемов под влиянием хозяйственной деятельности человека и влияния на рыб сточных вод и особенно сбрасываемых в воду радиоактивных «осколочных» продуктов.

Направленное воздействие на процесс воспроизводства может иметь успех лишь в том случае, если оно будет базироваться на знании требований, предъявляемых к среде конечным биологическим продуктом.

Изучение ряда сторон обмена веществ у рыб тесно связано также с проблемой динамики численности, которая, по нашему мнению, не может рассматриваться вне предыдущей проблемы.

При изучении видовой специфики динамики стада приходится сталкиваться с явлением изменения темпа роста и сроков наступления половой зрелости у рыб. При этом в одних водоемах замедление роста сопровождается замедлением полового созревания, в других не сопровождается [43, 52]. Это явление рассматривается как адаптивное [15, 43, 52, 59]. Это, несомненно, так, но от этого механизм явления не становится понятнее. Физиологи могут и должны вскрыть его, так как изменения в темпе роста и половом созревании являются результатом физиологических сдвигов в организме, которые могут быть учтены с помощью физиологических методов исследования. В ряде случаев (например, у каспийского лосося) образование карликовых форм не связано с кормовой базой, характером питания молоди. Как свидетельствуют работы И. Н. Петренко и А. А. Карасиковой, карликовые формы, по-видимому, могут образовываться здесь за счет изменения обмена веществ (в первую очередь, белкового и жирового) у производителей при нарушении нормальных условий их выдерживания.

В проблеме динамики численности рыб несомненный интерес представляет вопрос созревания половых продуктов и плодовитость рыб. В этой области физиологи начали работы сравнительно недавно. Изучали азовскую хамсу, мелкую и крупную ставриду, балтийскую салаку и некоторые другие рыбы [50, 67, 99, 102]. При этом ряд ихтиологов подошел к решению этого вопроса, применив в своих исследованиях физиологические методики [2, 48, 97, 99].

В настоящее время чаще всего ищут прямую связь между жирностью рыб в IV стадии зрелости половых продуктов и их плодовитостью. Мы придерживаемся несколько иного мнения, считая, что в констатации корреляции явлений не вскрывается еще их причинная зависимость. По нашему мнению, одновозрастная салака южной Балтики с большим темпом роста и меньшей жирностью относительно и абсолютно более плодовита, чем жирная салака Рижского залива или Северной Балтики. В этих исследованиях нельзя ограничиваться изучением только липидного обмена, необходимо связывать его с белковым обменом. При изучении жирового обмена следует особо выделять группу незаменимых жирных кислот: линолеовую, линоленовую и др.

Проблема численности является в то же время проблемой выживания и смертности рыб. При этом промысловая численность в значительной мере определяется величиной пополнения, т. е. выживанием промысловой части стада, зависящим в известной мере от жизнестойкости молоди.

Изучение жизнестойкости — один из важнейших вопросов, которым должна заниматься физиология в рассматриваемой проблеме. При этом работы следует проводить как с производителями (оценивая качество половых продуктов), так и с личинками и молодью рыб.

Изучать необходимо те требования, которые развивающийся организм предъявляет к среде на всех этапах своего развития. Особое место здесь занимает вопрос о кормности водоемов, физиологической обеспеченности различных видов рыб пищей, используемой на рост.

В наших южных морях проблема численности в значительной мере решается комплексом рыбоводных мероприятий: работой заводов по воспроизводству проходных рыб и работой нерестово-выростных хозяйств для полупроходных рыб, мелнорацией нерестилищ и проходных путей. Рассмотрим перспективы физиологических работ в этой области.

Наибольшее количество исследований, проведенных физиологами, связано с вопросами, которые выдвигались рыбоводами, — проблемой кормления и оценкой кормов [28, 29, 43, 46] для выращивания товарных рыб и молоди проходных осетровых и лососевых рыб, установленном величине рационов при естественной кормовой базе в прудах [31, 58] и в водоемах нерестово-выростных хозяйств [43]. Изучали связь между ростом молоди и использованием искусственных и естественных кормов [43]. Значительное место занимают работы по установлению связи интенсивности обмена и питания с температурным режимом водоемов и по изучению влияния газового режима на выращиваемых рыб [49], представляющего особый интерес для решения вопроса водообмена и аэрации водоемов. Проведено немало работ по установлению физиологической характеристики производителей проходных рыб и, наконец, разработан весьма ценный прием гипофизарной инъекции, внедренный в практику осетровых заводов [19, 20].

К этому же разделу нужно отнести работы по маркировке молоди осетровых радиоактивными изотопами, проводимые с целью нахождения путей повышения производительной мощности осетровых заводов [7, 45, 94]. Эти работы позволяют рекомендовать снижение стандартной навески выпускаемой молоди. Маркировка рыб стала возможной благодаря знанию обмена веществ у рыб. Результаты работ, выполненных

Г. С. Карзинкиным, Е. В. Солдатовой и И. А. Шехановой, освещены в статье, публикуемой в настоящем сборнике.

Мы уже указывали на тесную связь физиологических исследований с запросами, предъявляемыми работниками рыбной промышленности, в частности рыбоводами. Физиологам в этой области предстоит еще много исследований. Например, в последние годы перевозят много живой рыбы, однако при этом значительно больше перевозят воды, чем рыбы. Представляет интерес применение аденозина — вещества, близкого по своему действию к ларгоктилю [116], снижающему на 60% обмен и допускающему выживание рыбы во влажной атмосфере в течение трех суток.

Несмотря на то что по кормлению прудовых рыб имеется много работ, однако до настоящего времени нет разработанного, физиологически сбалансированного кормового рациона как для сеголетков, так и для годовиков карпа. Проводятся лишь первые работы по изучению аминокислотного состава рыб и их кормов [55, 56, 66, 78]. Как правило, кормовые рационы составляют по весовым отношениям отдельных компонентов, а не по соотношению незаменимых аминокислот, необходимых рыбе. В силу этого наблюдаются неоправданно высокие кормовые коэффициенты.

Физиологам следует поработать над вопросом обогащения неполноценных по аминокислотному составу, но дешевых кормов свободными аминокислотами, т. е. изыскать способы частичной замены белков аминокислотами, которые, например, как отходы, загрязняющие наши водоемы, в массе получают в ряде отраслей промышленности.

Следует отметить весьма плохую изученность у рыб физиологической роли микроэлементов. В то же время можно указать на некоторый успех, полученный от добавления в рацион карпа кобальта. Опытами Л. К. Фроловой [91], часть которых приводится в настоящем сборнике, было показано, что у молоди рыб при добавлении кобальта развивается своеобразная форма кобальтовой полицитемии, улучшается обмен, усиливается рост, повышается сопротивляемость к некоторым заболеваниям и увеличивается жизнестойкость карпа при зимовке. Очень интересные данные, в смысле их перспективности, получены сотрудником ВНИПРХа Р. В. Крымовой, работающей с Ф. М. Суховерховым. Они применяли кобальт при выращивании товарного карпа в прудах черноземной полосы. При этом у подопытных рыб весовой рост повысился в среднем на 16%, а выход продукции увеличился на 27% по сравнению с контролем.

Успех от применения кобальта объясняется тем, что была известна его физиологическая роль. Этим мы подчеркиваем, что прежде чем вводить в рационы те или иные микроэлементы, следует знать их физиологическое действие.

При изучении стимуляторов роста следует обратить самое серьезное внимание на проблему биостимуляторов, которые могут дать несомненный эффект в прудовом хозяйстве.

Заслуживает внимания также вопрос о влиянии антибиотиков и отходов их производства на рост и развитие рыб [23, 28, 29]. Однако при этом следует учитывать, что эффект от применения чистых антибиотиков и отходов их производства может быть различным.

Проблема зимовки рыб является одной из важнейших, и она должна решаться физиологами в тесной связи с биохимиками. По-видимому, права Е. М. Маликова, указывающая, что снижение жирности опасно лишь тогда, когда этим нарушается аминокислотный комплекс (к этому можно добавить и комплекс незаменимых жирных кислот).

Перейдем к последней проблеме — проблеме поиска и разведки рыбы. Несмотря на очень большую значимость, мы вынуждены оста-

новиться на ней весьма кратко, так как объем проведенных физиологических работ в этой области пока еще весьма мал.

Поиск рыб должен проводиться направленно, исходя из знания тех требований, какие предъявляет промысловая рыба того или иного вида, тех или иных возрастных категорий к окружающим ее условиям. Иначе говоря, мы должны изучать поведение рыбы, причем не только отдельных особей, но и стай во время кратковременных перемещений и длительных миграций.

Исследуя поведение рыб, не следует забывать, что их высшую нервную деятельность нельзя изучать в отрыве от общего состояния изучаемых организмов, работы эндокринной системы, уровня и характера обмена веществ, точно так же как обмен веществ нельзя изучать, не учитывая влияния нервной системы.

В настоящее время главным образом московские и ленинградские физиологи, изучающие высшую нервную деятельность [24, 38, 54, 69], проводят работы по установлению общих закономерностей условно-рефлекторной деятельности рыб. В этом направлении особенно широко представлены работы школы проф. Л. Г. Воронина [6, 18, 88, 92, 93]. Под руководством проф. Б. П. Мантейфеля начали изучать поведение рыб сотрудники Института морфологии животных АН СССР [22, 57, 74, 75]. Некоторое развитие эти работы получили в исследованиях ихтиологов ВНИРО Н. Е. Аслановой [3] и С. Г. Зуссер [25—27], выявившей сигнальное значение светового фактора в вертикальной миграции некоторых пелагических рыб.

Интересные данные по миграции азовской хамсы из Азовского моря в Черное и обратно получил Г. Е. Шульман [99—101]. Его данные, так же как и данные М. Н. Кривобока и О. И. Тарковской [51] по балтийской салаке, указывают на явную связь поведения рыб с их физиологическим состоянием, в частности с жирностью. Знание этого позволяет давать более уточненные краткосрочные прогнозы осеннего хода хамсы.

В проблеме поиска и разведки рыб значительный интерес представляет определение локальных стад рыб, которое наиболее точно можно провести с использованием физиологических методов исследования.

Необходимо расширить работы по изучению эндокринной системы рыб. Намечаются связи ее деятельности с миграцией рыб, хотя миграция и не может рассматриваться лишь как результат физиологического состояния эндокринной системы [21].

Мы уже указывали, что для всей проблемы в целом особо важным является изучение закономерностей стайного поведения рыб. В то же время понять их без проведения физиологических работ нельзя. Необходимо изучать участие тех или иных анализаторов в восприятии внешних раздражителей, условия перехода индифферентных факторов внешней среды в раздражитель (это имеет особое значение при изучении поведения рыб по отношению к орудиям лова), вопросы издания звуков рыбами, вскрывать их механизм так же, как и их биологический смысл.

Перечень вопросов, стоящих перед физиологами, можно было бы еще продолжить, но из сказанного видно, какая большая роль в решении важнейших научных и практических рыбохозяйственных задач принадлежит работникам, владеющим физиологическими методами исследований.

Часть поставленных задач, как видно из содержания настоящего сборника, уже решается сотрудниками ВНИРО.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов В. Б., Опыт сравнительного изучения крови пресноводных рыб, Ученые записки МГУ, вып. 9, 1937.
2. Анохина Л. Е., О связи плодовитости и жирности салаки (*Clupea harengus membrana* L.), ДАН СССР, т. 129, № 6, 1959.
3. Асламова Н. Е., Предварительные данные по изучению реакции рыб на сетное полотно в экспериментальных условиях, Сборник аннотаций к работам ВНИРО 1956 г., № 3, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1958.
4. Безлер Ф. И., К вопросу потребления кислорода личинками леща и карася, Труды лимнологической станции в Косино, вып. 15, изд-во ЦУЕГМСа СССР, 1932.
5. Биргер Т. И., Пищевая ценность для рыб беспозвоночных Днепра и Днепровско-Бугского лимана, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
6. Богомолова Е. М., Саакян С. А., Козаровицкий Л. Б., Подражательные условные рефлексы у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
7. Богоявленская М. П., Возможность использования Ca^{45} в качестве метки рыб, «Рыбное хозяйство», 1955, № 11.
8. Богоявленская М. П., Изучение кальциевого обмена с целью использования Ca^{45} в качестве метки для рыб, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
9. Богоявленская М. П., Карзинкин Г. С., Некоторые данные по изучению кальциевого обмена при помощи радиоактивного изотопа Ca^{45} , Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
10. Богоявленская М. П., Шеханова И. А., Применение P^{32} и Ca^{45} при изучении некоторых сторон фосфорного и кальциевого обмена у молоди карповых и осетровых рыб, Труды Всесоюзной научно-технической конференции по применению изотопов в народном хозяйстве, АН СССР, 1958.
11. Бокова Е. Н., Потребление и усвоение корма воблой, Труды ВНИРО, т. XI, Пищепромиздат, 1939.
12. Бокова Е. Н., Кормовая ценность бентоса Северного Каспия, Зоологический журнал, 1946, т. XXV, вып. 6.
13. Брюхатова А. Л., Влияние активной кислотности на прибавление веса карася и карпа в воде с малым содержанием солей Са и других электролитов, Ученые записки МГУ, вып. 9, 1937.
14. Брюхатова А. Л., Влияние повышенной солености на рост карпа-годовика, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
15. Васнецов В. В., Рост рыб как адаптация, Бюллетень МОИПа, № 1, 1947.
16. Винберг Г. Г., Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб, изд-во Белгосуниверситета, 1956.
17. Виноградова З. А., К познанию химического состава кормовых организмов рыб Черного моря, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
18. Воронин Л. Г., Материалы к физиологии высшей нервной деятельности рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
19. Гербильский Н. Л., Влияние гонадотропного фактора гипофиза на нерестовое состояние у *Acipenser stellatus*, ДАН СССР, т. XIX, вып. 4, 1938.
20. Гербильский Н. Л., Гонадотропная функция гипофиза у костистых и осетровых, Труды лаборатории основ рыбоводства, т. 1, Ленинград, 1947.
21. Гербильский Н. Л., Вопрос о миграционном импульсе в связи с анализатором у внутривидовых биологических групп, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
22. Гирса И. И., Влияние различной освещенности на доступность кормовых организмов для некоторых рыб, Труды Института морфологии животных АН СССР, 1960.
23. Дорохов С. М., О применении антибиотиков в прудовом рыбоводстве, «Рыбное хозяйство», 1955, № 4.
24. Евсеева Н. Г., О роли зрения в реостатическом рефлексе у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
25. Зуссер С. Г., Критика применения теории тропизмов в изучении поведения рыб, Журнал общей биологии, 1952, т. XIV, № 2.
26. Зуссер С. Г., Разработка методики изучения в экспериментальных условиях сигнального значения света для рыб, Сборник аннотаций к работам ВНИРО 1956 г., № 3, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1958.
27. Зуссер С. Г., К изучению причин суточных миграций рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
28. Иванов А. П., Влияние различных по биологической ценности протеннов кормов и отходов пенициллинового производства на молодь карпа, Автореферат диссертации, изд-во МГУ, 1960.
29. Иванов А. П., Опыт повышения эффективности искусственных кормов при кормлении молоди карпа, Информационный сборник ВНИРО, 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
30. Иванова М. П., Дыхание различных видов рыб Москвы-реки района Звенигорода, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.

31. Ивлев В. С., Энергетический баланс карпов, Зоологический журнал, 1939, т. XVIII, вып. 2.
32. Казаков Е. И. и Пронина М. В., Химический состав различных форм планктона и бентоса, Труды лаборатории генезиса Института сапропелей и горючих ископаемых, АН СССР, вып. 2, 1941.
33. Калашников Г. Н., Состав крови осетровых рыб в связи с обменом на разных стадиях полового цикла, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
34. Калашников Г. Н., Скорость оседания эритроцитов у рыб, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
35. Калашников Г. Н., Влияние активной реакции внешней среды на содержание гемоглобина и число эритроцитов у рыб, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
36. Калашников Г. Н. и Дубова В. А., Содержание сахара в крови осетровых рыб, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
37. Калашников Г. Н. и Скадовский С. Н., Эколого-физиологическое изучение северюги в период размножения в естественных и экспериментальных условиях, Зоологический журнал, 1948, т. XXVII, вып. 6.
38. Карамьян А. И., О физиологии и патологии высших отделов центральной нервной системы у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
39. Карзинкин Г. С., К изучению физиологии пищеварения рыб, Труды лимнологической станции в Косино, вып. 15, Гидрометеиздат, 1932.
40. Карзинкин Г. С., К познанию рыбной продуктивности водоемов, Сообщение 2, «К изучению физиологии питания зеркального карпа», Труды лимнологической станции в Косино, вып. 19, изд-во ЦУЕГМСа СССР, 1935.
41. Карзинкин Г. С., Zur Erkenntnis der Fischproduktivität der Gewässer, Mitteilung III, Zur Physiologie der Fischernährung als eines der Momente in der Erforschung der Produktivität der Binnengewässer, Verh. Intern. für theoret. angew. Limnologie; Bd. VII, t. 2, 1935.
42. Карзинкин Г. С., К познанию рыбной продуктивности водоемов, Сообщение 4, «Продолжительность прохождения пищи и усвоение ее мальками *Esox lucius* L.», Труды лимнологической станции в Косино, вып. 20, изд-во ЦУЕГМСа СССР, 1935.
43. Карзинкин Г. С., Основы биологической продуктивности водоемов, Пищепромиздат, 1952.
44. Карзинкин Г. С., Физиология рыб и ее задачи в рыбном хозяйстве, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
45. Карзинкин Г. С., Солдатов Е. В., Шеханова И. А., Некоторые результаты массового мечения радиоактивным фосфором «нестандартной» молодежи осетра, Сборник «Миграции животных», вып. 1, АН СССР, 1959.
46. Карпевич А. Ф., Темпы переваривания у рыб, «Рыбное хозяйство», 1934, № 5.
47. Карпевич А. Ф. и Бокова Е. Н., Темпы переваривания у морских рыб, ч. 1, Зоологический журнал, 1936, т. XV, вып. 1; ч. 2, Зоологический журнал, 1937, т. XVI, вып. 1.
48. Константинова Н. А., Динамика основных биологических показателей леща северной части Азовского моря, «Вопросы ихтиологии», вып. 10, 1958.
49. Коржув П. А., Кислородный порог мальков осетровых рыб, Известия АН СССР, отдел биологических наук, 2, 1941.
50. Кривобок М. Н. и Тарковская О. И., Связь между созреванием половых продуктов салаки и количеством жира в ее теле, Труды Латвийского отделения ВНИРО, т. 2, Рига, 1957.
51. Кривобок М. Н. и Тарковская О. И., Определение сроков нерестовых миграций салаки на основании изучения ее жирового обмена, Труды ВНИРО, т. XLII, Пищепромиздат, 1960.
52. Лалин Ю. Е. и Юровятский Ю. Г., О внутривидовых закономерностях созревания и динамике плодовитости у рыб, Журнал общей биологии, 1959, т. XX, № 6.
53. Лебедев А. Ф., Об ассимиляции углерода сапрофитами, Известия Донского Университета, кн. I, 1921.
54. Лобашев М. Е., Изучение приспособления животных методом условных рефлексов, Журнал общей биологии, 1955, т. XVI, № 2.
55. Маликова Е. М., Биохимическая оценка молодежи лосося при переходе в состояние, близкое к локатному при задержке серебрянок в пресной воде, Труды Латвийского отделения ВНИРО, т. II, Рига, 1957.
56. Маликова Е. М., Биохимический состав крови беспозвоночных, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
57. Мантейфель Б. П., Вертикальные миграции морских организмов, Вертикальные миграции кормового зоопланктона, Труды Института морфологии животных, АН СССР, вып. 13, 1960.
58. Мейен В. А., Карзинкин Г. С., Ивлев В. С., Липин А. Н., Шеина М. П., Использование двухлетним карпом естественных кормовых запасов пруда, Зоологический журнал, 1937, т. XVI, вып. 2.
59. Никольский Г. В., О биологическом обосновании кооптингента вылова и путях управления численностью стада рыб, Зоологический журнал, 1950, т. 29, вып. 1.

60. Новикова Т. В., Влияние рН среды на дыхание карпа и окуня, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
61. Олифан В. И., Суточная ритмичность дыхания личинок рыб, ДАН СССР, т. 29, 1940.
62. Павлов В. А., Исследования по физиологии крови рыб, II, О содержании сахара в крови пресноводных рыб, Труды Бородинской биологической станции, т. IX, вып. 1, изд. Карело-Финского гос. ун-та, 1936.
63. Павлов В. А., Материалы по физиологии крови промысловых рыб, Сравнительно-физиологическая характеристика крови (гемоглобин, сахар) рыб оз. Ильмень и Ладожского озера, Известия ВНИОРХа, т. XXI, Пищепромиздат, 1939.
64. Павлов В. А., Дыхательные свойства крови некоторых пресноводных рыб и их экологическое значение, Известия ВНИОРХа, т. XXIII, вып. 2, Пищепромиздат, 1940.
65. Пажитков А. Т., Окислительно-восстановительный потенциал крови рыб, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
66. Петренко И. Н. и Карасикова А. А., Аминокислотный состав белков сегментов карпа и кормов, «Рыбное хозяйство», 1957, № 10.
67. Петренко И. Н. и Карасикова А. А., Аминокислотный состав белков в процессе созревания половых продуктов у салаки Рижского залива, ДАН СССР, т. 122, вып. 6, 1958.
68. Петренко И. Н. и Карасикова А. А., Возможность использования показателей аминокислотного комплекса салаки при составлении краткосрочных прогнозов ее уловов, Труды ВНИРО, т. XLII, Пищепромиздат, 1960.
69. Праздников Н. В., Некоторые данные по изучению высшей нервной деятельности у рыб методом пищевых, двигательных рефлексов, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
70. Привольнев Т. И., Рост и дыхание эмбрионов лосося, Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, т. XVIII, № 2, изд. ЛГУ, 1938.
71. Привольнев Т. И., Дыхание икры весеннерестующих рыб и его значение в разработке методики рыборазведения, Известия ВНИОРХа, т. XXI, Пищепромиздат, 1939.
72. Привольнев Т. И., Влияние парциального давления кислорода на дыхание эмбрионов рыб, Известия ВНИОРХа, т. XXIII, вып. 2, Пищепромиздат, 1940.
73. Привольнев Т. И., Изменение дыхания в онтогенезе рыб при различном парциальном давлении кислорода, Известия ВНИОРХа, т. 25, вып. 1, Пищепромиздат, 1947.
74. Протасов В. Р., Электрофизиологическое изучение зрения у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
75. Протасов В. Р. и Голубцов В. Д., Некоторые физиологические особенности глаза трески, Труды Института морфологии животных, вып. 13, АН СССР, 1960.
76. Пучков Н. В., Физиология рыб, Пищепромиздат, 1941.
77. Рик А. Ф., Осмотическое давление крови осетровых в период миграции, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
78. Сарвачев К. Ф., Азотсодержащие вещества мышц однолетнего карпа во время зимовки, «Биохимия», т. 24, вып. 2, 1959.
79. Свиренко Е. Г., Поглощение кислорода стерлядь в зависимости от изменения физико-химических факторов внешней среды, Ученые записки МГУ, вып. 9, 1937.
80. Сисакян Н. М., Биохимия обмена веществ, АН СССР, 1954.
81. Скадовский С. Н., Влияние некоторых физико-химических факторов на газообмен у рыб, «Рыбное хозяйство», 1923, № 2.
82. Скадовский С. Н., Некоторые вопросы современной гидрофизиологии, Ученые записки МГУ, вып. 8, 1936.
83. Скадовский С. Н., Экологическая физиология водных организмов, «Советская наука», 1955.
84. Смелова И. В., Использование минеральной серы на построение серосодержащих аминокислот у рыб, Информационный сборник ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
85. Строганов Н. С., Действие температуры на соотношение процессов газообмена у окуней, Физиологический журнал, т. XXVI, вып. 1, 1939.
86. Строганов Н. С., Резистентность икры волжской сельди (*Caspialosa volgensis*) к некоторым факторам внешней среды, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
87. Строганов Н. С. и Пажитков А. Т., Действие сточных промышленных вод на водные организмы, Ученые записки МГУ, вып. 60, 1941.
88. Таллеев Д. Н., Сложные двигательные условные рефлексы на цепь раздражителей у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
89. Трифонова А. П. и Коновалов П. М., Влияние повышенного парциального давления кислорода (при различных температурах и при различных концентрациях водородных ионов) на развитие и дыхание икры окуня и ерша, Ученые записки МГУ, № 15, 1937.
90. Труды совещания по вопросам псевдения и разведки рыб, АН СССР, 1955.

91. Фролова Л. К., Некоторые вопросы влияния неорганического кобальта на рост и обмен веществ молоди карпа, Информационный сборник, ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
92. Холодов Ю. А., Образование условных рефлексов на магнитное поле у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
93. Чумак В. И., Условные рефлексы у рыб на отношение раздражителей, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
94. Шеханова И. А., Применение P^{32} для мечения молоди осетровых рыб, «Рыбное хозяйство», 1955, № 11.
95. Шеханова И. А., О возможности усвоения рыбами неорганического фосфора из воды, ДАН СССР, т. 106, № 1, 1956.
96. Шеханова И. А., Изучение фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб с применением радиоактивного фосфора, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
97. Шубников Д. А., О применении данных анализов жирности и крови рыб в промысловой разведке атлантическо-скандинавской сельди в летний период, «Рыбное хозяйство», 1959, № 3.
98. Шубников Д. А., Динамика некоторых биологических показателей атлантическо-скандинавской сельди в летний период, Труды совещания по биологическим основам океанического рыболовства, АН СССР, 1960.
99. Шулман Г. Е., Особенности химического состава азовской хамсы в период весенней и зимовальной миграции в 1954 г., «Рыбное хозяйство», 1956, № 12.
100. Шулман Г. Е., Характеристика обмена веществ азовской хамсы в 1955 г., Аннотации к работам ВНИРО, сб. 4, изд. журнала «Рыбное хозяйство», 1957.
101. Шулман Г. Е., Изучение динамики химического состава азовской хамсы в связи с преднерестовыми, нерестовыми и предмиграционными периодами годового цикла, Автореферат диссертации, изд-во МГУ, 1959.
102. Шулман Г. Е., Материалы к характеристике обмена веществ у азовской хамсы, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
103. Яблонская Е. А., К познанию рыбной продуктивности водоемов, Сообщение 5, «Усвоение естественных кормов зеркальным карпом и оценка с этой точки зрения кормности водоемов», Труды лимнологической станции в Косино, вып. 20, изд-во ЦУЕГМСа СССР, 1935.
104. Berthel I., Influence du glucagon et de l'adrénaline sur la synthèse in vitro du cholestérol par le tissu hépatique, Radioisotops in Scientific Research, vol. III, Proceedings of the First (UNESCO) International Conference, 1958.
105. Cronheim W., Die Bedeutung der Mineralstoffe für das Wachstum des Karpfens, Allg. Fishereizeitung, Bd. XXXIV, N 6, 1908.
106. Cronheim W., Über den Gesamtstoffwechsel der kaltblütigen Wirbeltiere insbesondere des Fische, Z. f. Fisch., Bd. XV, H. 4, 1911.
107. Ichihara A. and Greenberg D. M., Further studies on the pathway of serine formation from carbohydrate, J. Biol. Chem., 224, 1957.
108. Knauth K., Untersuchungen über Verdauung und Stoffwechsel der Fische, I, II, Z. f. Fisch., Bd. V, 1897. Bd. VI, 1898.
109. Knauth K., Zur Kenntnis des Stoffwechsels der Fische, Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. LXXIII, 1898.
110. Knauth K., Neuere Erfahrungen in der Fischfütterung, Fisch. Zeit., Bd. III, N 22—23, 1901.
111. Knauth K., Die Karpfenzucht, Neudamm, 1901.
112. Knauth K., Zur Biologie der Fette, Fisch. Ztg., 5, № 8, 1902.
113. Lindstedt Ph., Untersuchungen über Respiration und Stoffwechsel von Kaltblütern, Z. f. Fisch., Bd. 14, 1914.
114. Macdonald I. C., Synthesis of asparic acid by Lactobacillus arabinosus, Radioisotops in Scientific Research, Vol. III, Proceedings of the First (UNESCO) International Conference, 1958.
115. Ochoa S., Mehler A., Blanchard M. L., Iukes T. H., Hoffman C. E. and Regan N., Biotin and carbon dioxide fixation in liver, J. Biol. Chem., 170, 1947.
116. Pora A. E., Rejer A., Oros I., Schwarz A., Actiunea Largactilului asupra consumului de oxigen si supravietuirii la aer a pestelui Carassius carassius L., Buletinul Instiit. de Cercetari Piscicole, 1, Anul. XVI, 1957.
117. Rust J. H. and Ullberg S. G. F., Urea formation from onecarbon fragments, Radioisotops in Scientific Research, Vol. III, Proceedings of the First (UNESCO) International Conference, 1958.
118. Rust J. H., Visek W. J. and Roth L. J., Carbon dioxide fixation and urea synthesis in the rat, J. Biol. Chem., 223, 1956.
119. Sreenivasan A. A., study of certain Biochemical systems involving «Single Carbon» transfers in relation to folic acid., Radioisotops in Scientific Research, Vol. III, Proceedings of the First (UNESCO) International Conference, 1958.
120. Zuntz N., Über die Verdauung and den Stoffwechsel der Fische, Arch. f. Physiol., Bd. 1, 1898.
121. Zuntz N., Über extensive und intensive Teichwirtschaft, Nachr. Klub. d. Landwirt, Berlin, 1906.

ВЛИЯНИЕ УГЛЕКИСЛОТЫ НА РОСТ ЛИЧИНОК ОСЕТРА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ИМИ КИСЛОРОДА

И. П. ЧИСТЯКОВА

Интенсивность обмена веществ у водных животных зависит от физико-химических факторов внешней среды: температуры, содержания кислорода и свободной углекислоты, концентрации водородных ионов и т. д.

В настоящей работе рассматривается влияние свободной углекислоты на интенсивность обмена веществ у личинок осетра¹.

В естественных условиях содержание свободной углекислоты тесно связано с кислотностью среды. Поэтому факторы, изменяющие содержание углекислоты, влияют на концентрацию водородных ионов. Так, в результате процессов диссимилиации, сопровождающихся выделением углекислого газа, водная среда подкисляется, а поглощение углекислого газа в процессе ассимиляции сопровождается подщелачиванием среды.

В настоящее время установлено, что концентрация водородных ионов влияет на водные организмы. Жизнедеятельность каждого вида рыб протекает нормально лишь в определенных пределах рН, и разные рыбы обладают различной чувствительностью к изменению этого физико-химического фактора внешней среды.

В связи с регулированием стока Волги искусственное разведение стало основным мероприятием для поддержания стада осетровых рыб. В водоемах рыбоводных хозяйств повышенные концентрации углекислоты могут создаваться под влиянием ряда факторов: при высокой плотности посадки, обильном кормлении в бассейнах, удобрении прудов (и в связи с этим массовом развитии зоопланктона и водорослей), временной неисправности водоподающей системы в прудах и т. п.

Влияние углекислоты на интенсивность обмена веществ у личинок осетра, на их рост и потребление корма изучали при кратковременном и длительном действии углекислоты. Наша задача заключалась в том, чтобы проследить, возможно ли постепенное приспособление личинок осетра к различному содержанию углекислоты в воде, и если такое приспособление будет наблюдаться, то выяснить, как оно отражается на общем физиологическом состоянии рыб, на интенсивности их обмена. С этой целью были поставлены опыты по длительному выращиванию молоди осетра при различной концентрации углекислоты и относительно постоянном кислородном режиме.

Опыты проводили с 12 июня по 28 июля 1956 г. с личинками осетра на V—VIII этапах развития [1]. Двух-трехдневных личинок, доставленных с Куринского экспериментального завода, до начала активного

¹ По Л. А. Алявдиной [1], личинками считаются осетры от начала активного питания до конца формирования.

питания содержали в аквариумах с проточной водой, дехлорированной путем пропускания через слой активированного угля. Питались личинки вначале олигохетами, а затем хириномидами.

Влияние свободной углекислоты на личинок осетра изучали в цилиндрических банках емкостью 5 л с притертой крышкой. Для создания проточности в отверстие в крышке вставляли резиновую пробку с двумя трубками, работающими по принципу сифона. По одной трубке вода поступала в банку из бутылки емкостью 45 л, установленной на 0,5 м выше банок, а по другой трубке вода свободно вытекала. В бутылку наливали отстоявшуюся воду, принявшую температуру воздуха аквариальной.

Для создания нужной концентрации углекислый газ в течение определенного времени пропускали через бутылку с водой из баллона под давлением 150 атм. Так, для повышения концентрации свободной углекислоты до 60 мг/л ее нужно пропускать в течение 25—30 сек.

Содержание кислорода в воде при пропускании углекислоты практически не менялось.

Чтобы избежать потери углекислоты за счет диффузии, бутылку плотно закупоривали резиновой пробкой с трубкой, соединенной со склянкой Тищенко. Таким образом в банке, где помещалась рыба, поддерживали определенную концентрацию углекислоты в пределах допустимых колебаний.

Содержание углекислоты и кислорода в банках с подопытной рыбой определяли 2—3 раза в сутки: углекислоту — титрованием 0,01 N NaOH в присутствии фенолфталеина, а кислород — по Винклеру.

В банках с рыбой в первые дни опытов расход воды составлял 1,8 л/час. По мере роста рыбы он увеличивался и в последние четыре дня достиг 5,6 л/час. Корм подопытным рыбам задавали в избытке, количество съеденного корма ежедневно учитывали. Температура воды в период наблюдений постепенно повышалась (с 16,5 до 19,5°).

Было поставлено три серии опытов. Количество углекислоты в воде за время выращивания колебалось в следующих пределах (в мг/л): в первой серии опытов от 60 до 80, во второй серии от 35 до 45, в третьей серии от 15 до 20.

Контролем служили рыбы из аквариума с проточной водой, в котором углекислоты содержалось 3—6 мг/л.

В опытах каждой серии исследовали по 20 личинок осетра средним весом 99 мг. Весовой рост определяли путем периодического взвешивания всех подопытных рыб.

Определение интенсивности потребления кислорода личинками, выращиваемыми в воде с различным содержанием углекислоты, проводили параллельно в двух банках. В каждую из них в начале опыта помещали по 10 личинок. В конце опыта в связи с ростом рыбы это количество сократили до 2 личинок. Подопытную рыбу помещали в банки на 1,5—2 часа.

Содержание кислорода в опытных банках до 20—23 июля было удовлетворительным — не ниже 5 мг/л. В последнюю неделю по утрам оно снижалось до 3 мг/л, в связи с чем расход воды был увеличен до 5,6 л/час.

Содержание кислорода в контроле в течение всего времени составляло 6,0—7,5 мг/л.

В каждой серии опытов определяли интенсивность дыхания в воде с различным содержанием углекислоты. Так, в первой серии, кроме определений, проведенных в воде с нормальным для этой рыбы содержанием углекислоты (60—80 мг/л), определяли интенсивность дыхания при концентрации 3—6, 15—20 и 35—45 мг/л углекислоты.

Из воды с низким содержанием углекислоты в воду с высоким ее содержанием рыбу переводили постепенно.

По техническим причинам наблюдения за влиянием свободной углекислоты на интенсивность дыхания и рост рыб проводили в два периода: с 12 по 20 июня (8 дней) и с 26 июня по 28 июля (32 дня).

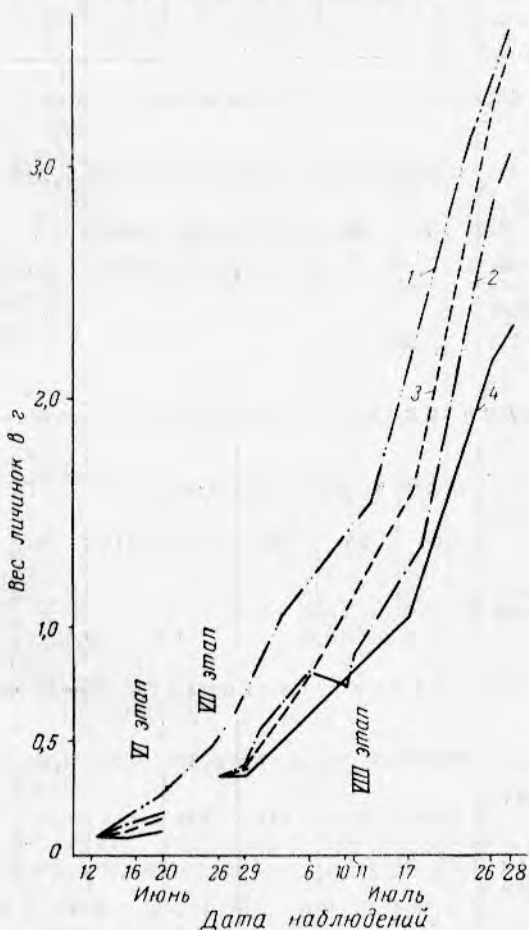


Рис. 1. Вес личинок осетра, выращенных при различной концентрации углекислоты в воде: 1—3—6 мг/л; 2—15—20 мг/л; 3—35—45 мг/л; 4—60—80 мг/л.

В первый период личинки находились на V—VI этапах развития, а во второй — на VII—VIII этапах.

Личинки, выращиваемые при содержании в воде 15—20 мг/л углекислоты, 7 июля были неудачно помечены, что привело к травмированию их и замедлению роста. 10 июля метку сняли, и молодь снова стала прибавлять в весе. Это временное прекращение роста привело к искажению результатов последующих опытов с этими рыбами, поэтому будем считать, что опыты данной серии проводили лишь до 6 июля.

При прохождении V—VI этапов развития (первый период наблюдений) личинки осетра более чувствительны к повышенному содержанию свободной углекислоты, чем на VII—VIII этапах, о чем свидетельствует замедленный темп роста личинок на V—VI этапах при содержании в воде 60—80 мг/л углекислоты (табл. 1, рис. 1). В то же время концентрация 35—45 мг/л не оказывала отрицательного влияния на рост.

Таблица 1

Показатели	V-VI этапы развития личинок			VII-VIII этапы развития личинок					
	12/VI	16/VI	20/VI	26/VI	29/VI	6/VII	17/VII	26/VII	28/VII
Концентрация углекислоты 3-6 мг/л									
Вес личинок									
в г	0,111	0,183	0,281	0,540	0,750	1,204	2,153	3,395	3,655
в % от предыдущего веса . . .	100	164	153	100	140	158	178	157	107
Среднесуточный прирост в % от среднего веса за данный период	12,2	10,6		11,0	6,5	5,1	4,9	3,7	
Концентрация углекислоты 15-20 мг/л									
Вес личинок									
в г	0,099	0,128	0,192	0,342	0,391	0,817	—	—	—
в % от предыдущего веса . . .	100	120	150	100	114	209	—	—	—
Среднесуточный прирост в % от среднего веса	6,3	10,0		4,4	10,1				
Концентрация углекислоты 35-45 мг/л									
Вес личинок									
в г	0,099	0,118	0,170	0,337	0,407	0,807	1,591	3,271	3,521
в % от предыдущего веса . . .	100	120	144	100	119	200	195	205	107
Среднесуточный прирост в % от среднего веса	4,4	9,0		5,9	9,4	5,9	7,6	3,7	
Концентрация углекислоты 60-80 мг/л									
Вес личинок									
в г	0,099	0,095	0,110	0,341	0,351	0,622	1,046	2,160	2,320
в % от предыдущего веса . . .	100	96	115	100	101	177	168	206	107
Среднесуточный прирост в % от среднего веса	0	3,6		0,4	7,8	4,5	7,7	3,6	

Эти наблюдения подтверждаются также данными по использованию потребленного корма на рост и кормовыми коэффициентами (табл. 2).

Во второй период наблюдений (с 26 июня по 28 июля) высокая концентрация углекислоты слабее влияет на рост рыбы, хотя тенденция к замедлению роста сохраняется (см. рис. 1).

При тех же условиях, что и в первом периоде наблюдений, различия в величинах среднесуточных приростов, кормовых коэффициентов и среднесуточного потребления корма были выражены слабо (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Концентрация углекислоты в мг/л при выращивании						
	3-6	15-20	35-45	60-80	3-6	35-45	60-80
	V-VI этапы развития личинок				VII-VIII этапы развития личинок		
Средний вес личинок в мг	196	145,5	134,5	104,5	2073,5	1929,0	1334,0
Средняя температура при выращивании в °С	17,2	18,0	18,0	18,0	17,8	18,5	18,5
Общее потребление корма в мг	18610,0	2880,0	2570,0	710,0	733480,0	69940,0	45220,0
Общий прирост в мг	16753,0	1714,0	1238,0	120,0	206681,0	25492,0	15659,0
Использование потребленного корма на прирост в %	90,0*	59,5	48,2	16,9	28,2	36,4	34,67
Состав корма	Олигохеты				Личинки хирономид		
Кормовой коэффициент	1,1	1,7	2,1	5,9	3,5	2,7	2,9
Среднесуточный прирост в % от среднего веса	10,8	8,0	6,6	1,3	5,1	5,5	5,7
Среднесуточное потребление корма одной особью							
в мг	23,1	16,5	15,1	5,4	334,5	321,4	204,7
в % от среднего веса	11,8	11,6	11,7	5,4	15,1	17,7	16,5

* О возможности такого высокого процента использования пищи на рост сообщает Г. С. Карзинкин [4].

Аналогичные результаты получены и при измерении интенсивности потребления кислорода личинками осетра (рис. 2).

На V и VI этапах развития по мере увеличения количества углекислоты в воде интенсивность потребления кислорода снижается. Если интенсивность потребления кислорода при концентрации углекислоты 3-6 мг/л принять за 100% (табл. 3), то при 15-20 мг/л углекислоты интенсивность дыхания практически не изменяется, а при 35-45 и 60-80 мг/л снижается соответственно на 4,5 и 16%.

Как видно из табл. 3, на VII-VIII этапах развития интенсивность потребления кислорода при концентрации углекислоты 35-45 и 60-80 мг/л снижается всего на 1-1,5%. На ранних этапах развития личинки оказались более чувствительными к высокой концентрации углекислоты, чем на VII-VIII этапах.

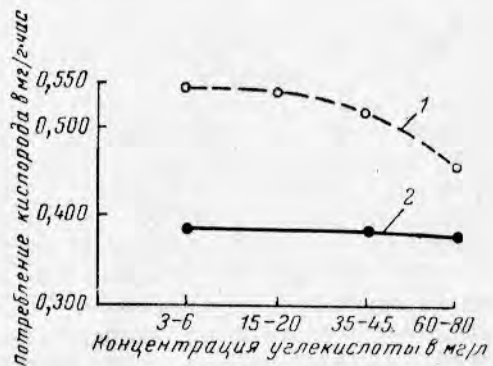


Рис. 2. Потребление кислорода личинками осетра при различной концентрации углекислоты в воде:

1—на V-VI этапах развития; 2—на VII-VIII этапах.

Таблица 3

Концентрация углекислоты в мг/л при выращивании	Потребление кислорода на этапах развития личинки			
	V-VI		VII-VIII	
	в мг/г·час	в %	в мг/г·час	в %
3-6	0,544	100	0,388	100
15-20	0,540	99,0	—	—
35-45	0,520	95,5	0,384	99,0
60-80	0,459	84,0	0,382	98,5

Интенсивность потребления кислорода в зависимости от веса личинок осетра, выращенных при различной концентрации углекислоты, характеризуется кривыми, изображенными на рис. 3. Первоначальное

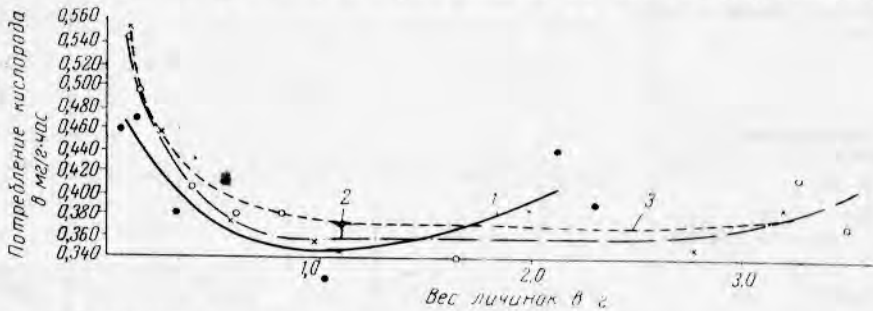


Рис. 3. Потребление кислорода личинками осетра разного веса, выращенными при концентрации углекислоты в воде:
1—60—80 мг/л; 2—35—45 мг/л; 3—3—6 мг/л.

снижение показателей связано, видимо, с уменьшением интенсивности потребления кислорода по мере увеличения веса личинок, так как кривая интенсивности обмена в контроле, где углекислота не оказывает влияния на дыхательную функцию, имеет тот же характер. Но, несмотря на общий характер кривых, потребление кислорода в воде, содержащей 60—80 мг/л углекислоты, самое низкое. Это угнетение интенсивности обмена наблюдается приблизительно до достижения личинками веса 800 мг. У более крупных личинок интенсивность дыхания возрастает.

При сравнении интенсивности потребления кислорода молодью одного веса видно, что при длительном воздействии углекислоты интенсивность обмена снижается незначительно. Так, молодь весом около 1400 мг (см. рис. 3), выращенная в воде с содержанием углекислоты 3—6 мг/л, потребляла кислорода 0,374 мг/г·час. При концентрации углекислоты 35—45 и 60—80 мг/л интенсивность потребления кислорода снизилась до 0,360 и 0,365 мг/г·час, т. е. всего на 3—4%.

Для выяснения характера кратковременного действия углекислоты на интенсивность дыхания личинок осетра, выращенных в условиях повышенного содержания углекислоты в воде, определяли скорость потребления кислорода в воде, содержащей 3—6, 15—20, 35—45 и 60—80 мг/л углекислоты, причем за 100% принимали скорость потребления кислорода в условиях выращивания.

Результаты опытов приведены в табл. 4, из которой видно, что в контроле и у рыб, выращенных при концентрации углекислоты 35—45 мг/л, при повышении и понижении ее содержания в воде скорость потребления кислорода либо не изменяется, либо изменяется незначительно (на 5—6%).

Таблица 4

Вес личинок в г	Концентрация углекислоты при выращи- вании личинок в мг/л	Интенсивность потребления кислорода при помещении личинок в воду с концентрацией углекислоты в мг/л					
		3—6		35—45		60—80	
		в мг/г·час	в %	в мг/г·час	в %	в мг/г·час	в %
2,5—3,2	3—6	0,375	100	0,376	100	0,350	93,3
2,5—3,2	35—45	0,380	105,5	0,360	100	0,338	93,9
1,1—2,0	60—80	0,430	117,8	0,420	115,0	0,365	100

Интенсивность потребления кислорода личинками, выращенными в воде, содержащей 60—80 мг/л углекислоты, несколько увеличивается при перенесении их в воду с меньшим содержанием углекислоты.

Таким образом, кратковременное и быстрое изменение содержания углекислоты в воде не оказывает сильного действия на скорость потребления кислорода. Повышение концентрации углекислоты до 60—80 мг/л приводит к снижению интенсивности дыхания всего на 6%.

Наши данные, полученные при длительном влиянии различного содержания свободной углекислоты в воде (выращивание в течение 32 дней), нельзя сравнивать с исследованиями, регистрирующими влияние свободной углекислоты в момент опыта при кратковременном действии этого фактора.

Немногочисленные исследователи [8, 9, 10, 3, 7, 5], изучавшие действие свободной углекислоты на физиологические функции рыб, пришли к общему мнению о том, что повышенное содержание углекислоты отражается на способности крови связывать кислород, т. е. на интенсивности дыхания.

Данные по влиянию углекислоты на дыхание рыб обобщены Ф. Е. Фру [6]. Автор не приводит своих исследований, но, рассматривая ряд работ, приходит к заключению, что рыбы довольно слабо реагируют на повышение количества свободной углекислоты в воде. Потребление кислорода сокращается только при высоком содержании углекислоты в воде — 100 мм рт. ст.,—за исключением наиболее чувствительных рыб (радужная форель, угорь), реакция у которых наступает уже при 10—40 мм рт. ст.

Таким образом, согласно нашим исследованиям, чувствительность личинок осетра зависит от этапов развития подопытной молодежи. На V—VI этапах личинки весьма чувствительны к повышенному содержанию углекислоты в воде и даже на небольшое повышение ее в воде реагируют снижением интенсивности обмена, выражающимся в замедлении роста и уменьшении скорости потребления кислорода. На VII и VIII этапах развития чувствительность к повышенному содержанию углекислоты в воде уменьшается, хотя при очень высоком ее содержании (60—80 мг/л) рост личинок осетра остается все же заторможенным.

Наши данные согласуются с результатами исследований А. Б. Лозина [2], полученными им при изучении молодежи осетра приблизительно того же возраста, что и у нас. Эти данные свидетельствуют о том, что небольшое повышение углекислоты в воде при нормальной температуре и нормальном кислородном режиме не оказывает влияния на интенсивность обмена, и только повышение содержания углекислоты свыше 35—40 мг/л ведет к сокращению скорости потребления кислорода на 10—15%.

Влияние углекислоты на рост А. Б. Лозинов определял на сеголетках севрюги. На основании десятидневных наблюдений он также пришел к заключению, что небольшое количество углекислоты в воде

(17 мг/л) не влияет на рост, а при повышении ее содержания до 52 мг/л рост замедляется, сокращается суточное потребление корма и повышается кормовой коэффициент.

Результаты опытов по кратковременному влиянию углекислоты на интенсивность дыхания свидетельствуют о том, что резкое увеличение количества углекислоты в воде, снижая способность крови связывать кислород, приводит к сокращению скорости потребления его из воды. Наоборот, у личинок, приспособившихся к жизни в воде с высоким содержанием углекислоты (60—80 мг/л), при быстром снижении ее концентрации увеличивается скорость потребления кислорода. Надо полагать, что под влиянием высокого содержания растворенной в воде углекислоты в организме личинок осетра не происходит глубоких необратимых процессов. В данном случае углекислота действует как наркотик и после того, как действие ее снимается, личинки осетра вновь оказываются способными повысить скорость потребления кислорода.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования показали, что влияние углекислоты на личинок осетра на разных этапах их развития неоднородно и по отношению к содержанию углекислоты личинок можно разделить на две группы: личинок на V—VI и VII—VIII этапах развития.

2. При длительном действии углекислоты на V—VI этапах развития личинок даже при небольшом повышении ее содержания в воде (до 15—20 мг/л) наблюдается замедление их роста, снижение потребления корма и интенсивности дыхания.

На VII—VIII этапах развития чувствительность личинок осетра к повышению содержания углекислоты в воде снижается. Их рост, потребление корма и интенсивность дыхания во всех рассмотренных случаях (при концентрации углекислоты 15—20; 35—45 и 60—80 мг/л) были идентичными.

3. При кратковременном действии углекислоты у личинок осетра, выращенных в воде, содержащей 3—6 мг/л углекислоты, в случае резкого повышения концентрации до 60—80 мг/л несколько снижается интенсивность потребления кислорода. Этот же вывод распространяется на рыб, выращенных в воде, содержащей 35—45 мг/л свободной углекислоты.

Интенсивность потребления кислорода личинками осетра, выращенными в воде с высоким содержанием углекислоты (60—80 мг/л), увеличивается при перенесении их в воду с более низким содержанием свободной углекислоты.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алявдина Л. А., К биологии и систематике осетровых рыб на ранних стадиях развития, Труды Саратовского отделения Каспийского филиала ВНИРО, т. 1, 1951.
2. Лозинов А. Б., О кислородном оптимуме молоди осетровых, Автореферат диссертации, изд. МГУ, 1950.
3. Павлов В. А., Дыхательные свойства крови некоторых пресноводных рыб и их экологическое значение, Известия ВНИОРХа, т. 23, 1940.
4. Карзинкин Г. С., Основы биологической продуктивности водоемов, Пищепромиздат, 1952.
5. Black E. C., Fry F. E. I., Black V. S., The influence of carbon dioxide on the utilization of oxygen by some freshwater fish, *Canad. J. Zool.*, 1954, 32, 6.
6. Fry F. E., The aquatic respiration of Fish «The physiology of fishes», v. 1, Academic Press, Inc., New-York, 1957.
7. Fry F. E., Black V. S., Black E. C., Influence of temperature on the asphyxiation of various tensions of oxygen and carbon dioxide, *Biol. Bull.*, 1947, 92.
8. Krogh and Leicht, The respiratory function of the blood in fishes, *J. Physiol.*, LII, 1919.
9. Ledebur A., Beitrage zur Physiologie der Schwimmblase der Fische, *Z. vergleich. Physiol.*, 1937, 25, 2.
10. Leiner, Die Physiologie der Fischatmung, Leipzig, 1938.

**ПРОНИКНОВЕНИЕ УГЛЕРОДА (C^{14}) КАРБОНАТА ИЗ ВОДЫ
И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО В ТЕЛЕ РЫБЫ***И. Ф. ВЕЛЬТИЩЕВА*

Угольная кислота и ее соли являются важнейшей составной частью природной воды. В пресных водах количество иона HCO_3 намного превосходит содержание других ионов и в большинстве рек и озер колеблется от 150 до 250 мг/л [1].

При выращивании рыбы в прудах концентрация карбонатов в воде может значительно изменяться в результате внесения удобрений: органические удобрения способствуют увеличению количества карбонатных соединений, а при внесении минеральных удобрений карбонаты расходуются и могут лимитировать развитие водорослей.

Изучением действия карбонатных ионов на рыб занимались в Китае. В 1954—1955 гг. был проведен ряд опытов по купанию мальков и сеголетков толстолобика и амура в 1%-ном растворе соды (Na_2CO_3) [5]. Авторы пришли к выводу, что такое купание в течение 20—30 мин. способствует улучшению обмена веществ, повышает жизнестойкость рыб и интенсивность их роста, усиливает сопротивляемость заболеваниям.

По мнению авторов, выход рыбной продукции только за счет купания в соде может быть увеличен на 10%.

Действию свободной углекислоты на рыб посвящено много исследований. Результаты их противоречивы. Однако работы А. Б. Лозина [4] и И. П. Чистяковой [8], исследовавших осетровую молодь, свидетельствуют о том, что рыба переносит высокое содержание углекислоты в воде.

Наша задача заключалась в том, чтобы выяснить, возможно ли проникновение карбонатов из воды в тело рыбы, существует ли связь интенсивности проникновения карбонатов с концентрацией их в воде и принимают ли они участие в обмене веществ рыб.

Для проведения экспериментов мы использовали двууглекислый натрий ($NaHC^{14}O_3$), меченный по углероду.

Опыты проводили с годовиками карпа, верховкой и молодь осетровых. Подопытную рыбу выдерживали в кристаллизаторах в радиоактивном растворе соды. Для последующей обработки рыбу промывали, высушивали и растирали. Порошок тщательно перемешивали и небольшую навеску его брали для проверки на присутствие радиоактивного углерода (C^{14}).

В ряде случаев анализировали отдельные органы и ткани. В некоторых опытах проверяли на присутствие C^{14} белки, жиры, гликоген печени и мышц. Во всех случаях расчет вели в импульсах в минуту (имп/мин.) на 100 мг сухого вещества.

Все определения активности проведены на счетной установке типа Б-2 с одной и той же торцевой трубкой типа Т-25 БФЛ, расположен-

ной на одном расстоянии от препарата. Величины активности даны без учета эффективности счетной трубки.

Изотоп углерода C^{14} обладает очень малой энергией излучения (всего 0,154MeV). Поэтому, чтобы избежать самопоглощения, мы стремились к изготовлению возможно более тонких препаратов, как правило, навеской 0,5—2,8 мг/см²; реже до 4 мг/см². В каждом опыте колебания навесок препаратов были небольшими.

Для определения мест проникновения и локализации углерода карбонатов исследовали чешуйчатых карпов весом 15—20 г, которых выдерживали 1 час в аппарате, использованном для этой цели И. А. Шехановой [9]. Поочередно наливая радиоактивный раствор соды (300 мкCi/л) то в один, то в другой отсек прибора, мы могли установить, какое количество C^{14} проникает через жабры, когда в радиоактивном растворе находится только голова, и через кожу при заполнении радиоактивным раствором другого отсека. Результаты этого опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Места локализации C^{14}	Активность органов и тканей на 100 мг веса в имп/мин. при проникновении C^{14} через	
	жабры	кожу
Чешуя	3017	790
Покровные кости	8331	149
Основные кости	2416	59
Жаберные лепестки	2300	145
Кровь	536	74
Кожа	187	86
Печень	1595	102
Головной мозг	975	87
Почки	625	45
Селезенка	497	0
Мышцы	122	56
Всего в %	92,7	7,3

Углерод из минеральных соединений, так же как и другие элементы [3, 9], поступает главным образом через жабры (92,7%), через кожу его поступает немного (7,3%), но места локализации в том и другом случае практически одинаковы. Относительная активность костной ткани очень велика, она составляет 60—65%, тогда как на долю всех внутренних органов и кожи приходится только 35—40%.

Установив возможность проникновения карбонатных соединений из воды в тело рыбы, мы поставили серию опытов, чтобы получить представление о том, как велико колебание потребляемого углерода у отдельных особей, изменяется ли отношение к карбонатным соединениям у рыб разного возраста в процессе развития, происходит ли накопление в организме углерода, поступающего из воды, или он тут же выводится, имеет ли значение концентрация карбонатных соединений в воде для интенсивности проникновения углерода в тело рыб.

Два опыта провели с целью выяснения индивидуальных отклонений в потреблении C^{14} из раствора одной активности. В одном случае молодь осетра весом около 100 мг выдерживали 15 час. в растворе соды

с активностью 50 $\mu\text{Ci}/\text{л}$, а в другом случае молодь севрюги примерно такого же среднего веса выдерживали в растворе соды с активностью 55 $\mu\text{Ci}/\text{л}$ в течение 1,5 часа. В обоих случаях больших колебаний активности рыб не наблюдалось: даже крайние варианты различались всего в 2 раза.

На разных этапах развития рыбы интенсивность потребления минеральных соединений углерода может меняться. Чтобы выяснить это, мы проследили за изменением потребления углерода из радиоактивного раствора соды молодь осетра на протяжении месяца.

Опыты ставили ежедневно, начиная с момента перехода личинок на активное питание. Каждый раз исследовали по 10 мальков, которых выдерживали 2 часа в растворе соды с активностью 100 $\mu\text{Ci}/\text{л}$ и концентрацией соды 22 мг/л. В результате оказалось, что потребление карбонатов увеличивается в моменты наиболее интенсивного формирования — на этапах V, VI, VII (табл. 2).

Таблица 2

Этапы развития молоди (по Л. А. Алявдиной)	Вес рыбы в мг		Активность в имп/мин. на 100 мг сухого веса
	сырой	сухой	
III	37	7	1821
IV	39	6	2454
V	60	7	3032
VI	154	18	6435
VII	301	36	4206
VIII	1290	183	1340

Из табл. 2 видно, что вполне сформировавшаяся молодь (VIII этап) меньше использует карбонаты из воды, чем в период формирования, но все-таки интенсивность их потребления остается высокой.

Для выяснения возможности накопления углерода, поступающего из воды в тело рыбы, в раствор соды активностью 100 $\mu\text{Ci}/\text{л}$ посадили 70 осетрят средним весом 55 мг. Через определенные промежутки времени по 5 экз. брали для анализа на радиоактивность. Оказалось, что на протяжении опыта, т. е. в течение 5 суток, активность тела рыбы возрастает (табл. 3).

Таблица 3

Время взятия пробы от начала опыта	Вес рыбы в мг		Активность рыбы в имп/мин. на 100 мг сухого веса	Время взятия пробы от начала опыта	Вес рыбы в мг		Активность рыбы в имп/мин. на 100 мг сухого веса
	сырой	сухой			сырой	сухой	
20 мин.	47	6	1334	5 час.	66	8	5541
45 мин.	53	6	1246	1 сутки	69	8	18952
60 мин.	53	6	1365	2 суток	74	8	23763
2 часа	50	6	2175	3 суток	102	12	125343
3 часа	59	7	2578	4 суток	102	12	185845
4 часа	65	8	3342	5 суток	118	13	234516

Интенсивность проникновения углерода в тело рыб определяется концентрацией радиоактивного раствора. Это установлено как на осетровых, так и на карповых рыбах. В табл. 4 приведены данные, харак-

теризующие потребление C^{14} из растворов радиоактивной соды разной концентрации.

Таблица 4

Рыба	Активность раствора в μ Ci/l	Концентрация соды в мг/л	Вес рыбы в мг		Активность рыбы в имп/мин. на 100 мг сухого веса	Продолжительность выдерживания рыбы в растворе в часах
			сырой	сухой		
Карп чешуйчатый	10	2,2	1500	267	1279	2
	100	22	1500	282	7458	2
	1000	220	1200	112	54437	2
Осетр	10	2,2	51	6	1071	2
	100	22	50	5	5689	2
	1000	220	50	6	41383	2
Севрюга	25	1,9	73	17	1348	7
	100	7,4	73	17	3581	7
	150	11,1	79	17	6500	7

Установив проникновение карбонатных соединений из воды в тело рыбы, мы задались целью определить предел, при котором прекращается потребление карбонатных соединений, и выяснить, как повышенное содержание соды влияет на рост рыбы. Для изучения этого вопроса был поставлен опыт по длительному выращиванию молоди осетра в растворах соды. Опыт продолжался 17 суток при температуре 18—20° и избыточном кормлении рыбы. Содовые растворы сменяли ежедневно. К обычной соде ($NaHCO_3$) в пропорциональных количествах прибавляли радиоактивную соду $NaHC^{14}O_3$. По изменению активности мы судили об общем потреблении карбонатов. Результаты опыта приведены в табл. 5.

Таблица 5

Время взятия пробы от начала опыта в сутках	Вес рыбы в мг		Активность рыбы в имп/мин. на 100 мг сухого веса	Время взятия пробы от начала опыта в сутках	Вес рыбы в мг		Активность рыбы в имп/мин. на 100 мг сухого веса
	сырой	сухой			сырой	сухой	
Контроль				Концентрация соды 1022 мг/л (0,1%), активность 100 μ Ci/l			
2	53	7,0	—	2	56	6,6	6719
3	56	7,5	—	3	61	7,1	10348
6	71	9,0	—	6	66	7,5	17293
9	107	12,6	—	9	103	11,7	23731
12	150	18,0	—	12	123	14,0	33145
17	207	26,3	—	17	186	22,0	33333
Концентрация соды 511 мг/л (0,05%), активность 50 μ Ci/l				Концентрация соды 3066 мг/л (0,3%), активность 300 μ Ci/l			
2	52	7,0	4851	2	53	7,0	9838
3	57	7,3	9576	3	50	6,8	11500
6	69	8,4	19481	6	60	6,7	29027
9	107	11,7	22560	9	75	8,2	32100
12	147	17,4	29634	12	78	7,1	45051
17	266	32,0	28566	17	112	13,0	44711

У рыбы, находившейся в воде с концентрацией соды 511 мг/л и активностью 50 $\mu\text{Ci}/\text{л}$, наблюдался самый высокий прирост (на 29% выше, чем в контроле). При концентрации соды 1022 мг/л и активности раствора 100 $\mu\text{Ci}/\text{л}$ наблюдалось небольшое замедление роста (на 10% по сравнению с контролем). Увеличение концентрации до 3066 мг/л и активности до 300 $\mu\text{Ci}/\text{л}$ привело к сильному замедлению роста (на 46%) и наибольшему отходу в процессе выращивания.

При наименьшей концентрации соды 0,05% углерод интенсивно потреблялся из воды на протяжении первых 6 суток. Активность рыбы в промежутках между взятием проб возрастала более чем в два раза. При высоких концентрациях соды (0,1—0,3%) абсолютное количество первоначально потребленного C^{14} выше, но интенсивность потребления очень быстро снижается. На 6—12-е сутки наблюдается резкий скачок в потреблении углерода. К 12—17-м суткам потребление углерода задерживается на одном уровне при любой концентрации, с той разницей, что при более низкой концентрации (0,05%) абсолютное количество проникающего углерода меньше, чем при более высокой концентрации (0,3%).

Замедление роста рыбы при выдерживании в содовых растворах концентрацией 0,1—0,3% совпадает с периодом повышенного проникновения карбонатов в организм. Каким образом повышенные концентрации угнетающе действуют на рост, нам пока не ясно.

Чтобы знать пути дальнейшего использования рыбой углерода из карбонатных соединений воды, проследили за распределением C^{14} по органам, тканям тела рыбы и основным органическим веществам тканей: белкам, жирам, углеводам. Особое внимание уделили гликогену печени и мышц как основному источнику всех энергетических процессов в организме.

В табл. 6, 7 и 8 показано распределение углерода в органах и тканях при выдерживании карпов в растворе радиоактивной соды концентрацией 31,5 мг/л и активностью 220 $\mu\text{Ci}/\text{л}$ в течение 2 час., 1 суток, 8 суток с последующим выращиванием в чистой воде.

Из данных, приведенных в табл. 6, 7, 8, видно, что углерод C^{14} очень быстро проникает во все основные органические соединения, органы и ткани. Даже после двухчасового выдерживания в растворе соды, уже через 3 часа от начала опыта он встречается всюду, кроме жиров и щелочерастворимых белков мышц.

Особенно богаты углеродом C^{14} при любом сроке выдерживания рыбы в радиоактивном растворе гликоген, сложные белки с углеводсодержащей группой, которые находятся в большом количестве в стекловидном теле глаз, покровные кости, головной и спинной мозг. Значительной активностью обладают кишечные стенки и содержимое кишечника (см. табл. 7, 8).

Высокую активность костей, особенно покровных, очевидно, можно объяснить интенсивным обменом веществ в этой ткани. В работе М. П. Богоявленской [3] на изотопе Ca^{45} показано, что покровные кости обладают высоким уровнем обмена веществ.

Соломон с сотрудниками [цит. по Хевеши, 7] обнаружили, что у крыс по крайней мере часть карбонатов кости легко образуется из бикарбонатов плазмы. По их данным, через 2,5 часа 1,8% введенного крысам меченого бикарбоната оказалось в карбонате кости. Видимо, такой процесс происходит и у рыб.

Активность всех тканей имеет пульсирующий характер с общей тенденцией снижения активности. Лучше всего это видно из табл. 6, когда пробы брали чаще. Пульсация активности в разных тканях различна. В периоды подъема активности в одних тканях можно наблюдать спад активности в других.

Таблица 6

Исследованные ткани, органы и органические ве- щества рыбы	Распределение Si^{14} в органах, тканях и органических веществах годовиков чешуйчатого карпа после двухчасового выдерживания в раство- ре соды активностью 220 мк Si^{14} и концентрацией 31 мг/л и при дальнейшем выращивании в чистой воде в течение																					
	3 час.		1 суток		4 суток		7 суток		13 суток		19 суток		25 суток		32 суток		57 суток		70 суток		146 суток	
	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности	имп./мин.	% от общей активности
Гликоген																						
печени	59	0,1	458	4,2	560	14,2	1110	18,8	183	5,7	2800	45,6	288	14,9	296	10,1	134	6,8	78	3,3	121	15,5
мышц	—	—	1970	17,8	1304	33,0	2232	38,0	1000	31,0	1946	32,0	643	33,4	1159	39,1	1269	64,3	1500	63,4	261	33,3
Жир																						
печени	0	0	523	4,7	30	0,8	70	1,2	65	2,0	80	1,3	0	0	0	0	16	0,8	83	3,4	—	—
мышц	0	0	0	0	93	2,4	49	0,8	77	2,4	82	1,3	106	5,6	0	0	56	2,9	35	1,5	—	—
кожи	—	—	—	—	—	—	63	1,1	16	0,5	19	0,3	29	1,5	41	1,4	30	1,5	0	0	—	—
Белки																						
щелочерастворимые	0	0	71	0,6	94	2,4	59	1,0	32	1,0	57	0,9	31	1,6	53	1,8	0	0	67	2,9	60	7,7
стекловидного тела	32000	78,8	691	6,2	167	4,3	190	3,1	330	10,2	217	3,6	0	0	300	10,1	0	0	0	0	0	0
Кости																						
основные	655	1,6	1624	14,6	93	2,4	65	1,0	41	1,2	39	0,7	17	0,9	55	1,8	33	1,7	43	1,8	18	2,3
покровные	—	—	789	7,1	224	5,7	289	4,8	115	3,4	93	1,5	137	7,1	115	3,9	38	1,9	83	3,5	17	2,1
Чешуя	5117	12,6	719	6,5	261	6,6	333	5,6	293	9,1	309	5,1	106	5,5	184	6,4	103	5,4	60	2,6	82	10,2
Спинальный мозг	2045	5,2	1464	13,3	230	5,9	428	7,3	375	11,6	0	0	300	15,5	400	13,5	167	8,5	200	8,4	0	0
Кровь	700	1,7	900	8,2	233	5,9	233	3,9	166	5,1	100	1,6	133	6,9	0	0	0	0	41	1,7	83	10,5
Жаберные лепестки	—	—	1861	16,8	644	16,4	772	13,4	365	11,4	225	3,7	97	5,0	196	6,6	86	4,4	103	4,5	56	7,2
Почки	—	—	—	—	—	—	—	—	175	5,4	145	2,4	41	2,1	157	5,3	36	1,8	72	3,0	89	11,2
Всего	40576	100	11070	100	3933	100	5893	100	3233	100	6112	100	1928	100	2956	100	1968	100	2365	100	787	100

Исследованные ткани, органы и органические вещества рыбы	Распределение С ¹⁴ в органах, тканях и органических веществах годовиков карпа после суточного выдерживания в растворе соды активностью 220 _р С _и /л и концентрацией 31 мг/л и при последующем их выращивании в чистой воде в течение										
	зеркальный карп		чешуйчатый карп								
	2 час.		1 часа		3 суток		10 суток		35 суток		92 суток
	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.
Гликоген											
печени	2400	2,8	273	0,1	4932	4,7	4882	13,2	2712	11,8	—
мышц	4576	5,5	102000	48,4	33500	31,9	5000	13,5	2291	10,0	—
Жир											
печени	2944	3,5	1231	0,6	1225	1,2	141	0,4	52	0,2	—
мышц	145	0,1	235	0,1	192	0,2	110	0,3	141	0,6	—
кожи	172	0,2	83	0,04	121	0,1	121	0,3	109	0,5	—
Печень	3885	4,7	3020	1,5	3592	3,4	2752	7,4	1809	8,0	—
Белки											
щелочерастворимые	321	0,4	438	0,2	270	0,2	300	0,8	292	1,3	—
стекловидного тела	5185	6,8	24000	11,4	5761	5,5	1842	5,0	1500	6,6	—
мышц	784	0,9	1696	0,8	1547	1,5	1037	2,8	350	1,5	—
Кости											
основные	2495	3,1	2573	1,2	330	0,3	520	1,4	476	2,0	—
покровные	7253	8,7	7953	3,7	2412	2,3	1429	3,8	894	3,9	—
Чешуя	3567	4,2	6000	2,8	4078	3,9	904	2,4	1051	4,6	750
Головной мозг	3379	4,1	5188	2,5	3000	2,8	1807	4,9	1343	5,9	—
Спинальный мозг	4035	4,8	6039	2,9	4071	3,9	1892	5,1	2103	9,2	—
Кровь	2466	3,0	3366	1,6	3400	3,2	1900	5,1	1900	8,3	—
Селезенка	2446	2,9	2346	1,1	2481	2,3	1688	4,6	1117	4,9	—
Жабрные лепестки	11586	14,0	11593	5,5	5705	5,4	3200	8,6	1055	4,6	—
Почки	2340	2,8	2076	1,0	16666	15,9	1438	3,9	447	2,0	—
Кожа	1477	1,7	2016	1,0	1152	1,1	866	2,3	746	3,3	—
Желчь	2833	3,4	6285	3,0	1727	1,6	1833	4,9	317	1,4	—
Стенки кишечника											
передний отдел	4519	5,4	7796	3,7	2862	2,7	1021	2,8	446	2,0	—
средний отдел	6619	8,0	10404	4,9	3338	3,2	857	2,3	238	1,0	—
задний отдел	7520	9,0	4033	1,9	2909	2,7	1571	4,2	1457	6,4	—
Всего	82947	100	210644	100	105238	100	37111	100	22846	100	—

Таблица 8

Исследованные ткани, органы и органические вещества рыбы	Распределение C^{14} в органах, тканях и органических веществах головиков чешуйчатого карпа после восьмисуточного выдерживания в растворе соды активностью 220д. $Cu/л$ и концентрацией 31 мг/л и при последующем выращивании в чистой воде в течение						
	1 часа		10 суток		48 суток		135 суток
	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	
Гликоген							
печени	32000	4,3	208575	30,0	44323	25,3	—
мышц	19181	2,6	75827	10,9	35187	20,1	—
Жир							
печени	30181	4,1	3148	0,5	633	0,4	—
мышц	2033	0,3	311	0,05	964	0,5	—
кожи	1839	0,3	671	0,1	374	0,2	—
Печень	39618	5,3	43885	6,3	14126	8,1	—
Белки							
щелочерастворимые	5296	0,8	4729	0,8	5000	2,9	—
стекловидного тела	61761	8,2	20840	3,0	2277	1,3	—
мышц	8845	1,2	4881	0,7	4242	2,4	—
Кости							
основные	6685	0,9	3924	0,5	2198	1,3	—
покровные	18741	2,6	6644	1,0	4339	2,5	—
Чешуя	23327	3,2	9170	1,3	1819	1,0	832
Головной мозг	26500	3,6	17000	2,5	5503	3,1	—
Спинной мозг	26315	3,6	30700	4,4	8521	4,8	—
Кровь	11726	1,6	20400	2,9	7933	4,5	—
Селезенка	46019	6,2	26309	3,8	9346	5,3	—
Жабрные лепестки	70189	9,3	25039	3,6	8121	4,6	—
Почки	40455	5,4	13775	2,0	5432	3,1	—
Кожа	10833	1,5	6453	0,9	1840	1,0	—
Желчь	5224	0,8	9417	1,4	5714	3,3	—
Стенки кишечника							
передний отдел	168000	20,9	146400	21,0	1777	1,0	—
средний отдел	44428	5,9	15524	2,2	2397	1,4	—
задний отдел	55350	7,4	1427	0,2	3444	1,9	—
Всего	756237	100	695049	100	175510	100	—

Наиболее высокая активность длительное время сохраняется в гликогене, особенно гликогене мышц (табл. 6, 9). Очевидно, при биохимических превращениях углерод в организме используется многократно. Часть его в процессе жизнедеятельности ткани заменяется и выводится организмом через почки и жабры, а часть используется на построение гликогена, причем синтез особенно интенсивен, по-видимому, в мышцах.

Исследованные органы, ткани и органические вещества рыбы	Распределение C^{14} в теле чешуйчатого карпа после суточного выдерживания в радиоактивном растворе соды разных концентраций и при последующем выращивании в чистой воде											
	активность раствора $220\mu\text{Ci/l}$, концентрация $31,5 \text{ мг/л}$				активность раствора $500\mu\text{Ci/l}$, концентрация $73,0 \text{ мг/л}$							
	1 час		35 суток		1 час		30 суток		210 суток		411 суток	
	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности
Гликоген												
печени	273	0,1	2712	13,1	30217	2,8	126100	30,9	8147	6,4	165	1,7
мышц	102200	54,2	2291	11,0	30733	2,8	139733	34,3	80503	63,1	6623	67,2
Печень	3020	1,6	1809	8,7	16870	1,5	15446	3,8	3952	3,1	46	0,5
Жиры												
печени	1231	0,7	52	0,3	—	—	—	—	281	0,2	9	0,1
мышц	235	0,1	141	0,7	—	—	—	—	338	0,3	80	0,8
кожи	83	0,04	109	0,5	—	—	—	—	132	0,1	8	0,1
Белки												
щелочерастворимые	438	0,2	292	1,4	—	—	—	—	920	0,7	105	1,1
стекловидного тела . .	24000	12,9	1500	7,3	325250	30,9	16285	3,9	1100	0,9	212	2,2
мышц	1696	—	350	1,7	14896	1,3	4134	1,0	2800	2,2	170	1,7
Кости												
основные	2573	1,4	476	2,3	14759	1,4	8987	2,2	2528	2,0	309	3,2
покрывные	7953	4,3	894	4,3	79159	7,5	15119	3,7	5360	4,1	530	5,4
Чешуя	6000	3,2	1051	5,1	33621	3,2	5583	1,4	1794	1,4	249	2,5
Головной мозг	5188	2,8	1343	6,5	61907	6,6	19000	4,6	3087	3,4	262	2,7
Спинальный мозг	6039	3,3	2103	10,1	248888	23,6	20794	5,2	5980	4,6	470	4,8
Кровь	3366	1,9	1900	9,2	47500	4,5	13706	3,4	3176	2,5	201	2,1
Селезенка	2346	1,3	1117	5,4	28304	2,6	7842	1,9	1562	1,2	167	1,7
Жабберные лепестки . . .	11593	6,3	1055	5,1	81108	7,7	9880	2,5	2079	1,6	43	0,4
Почки	2076	1,2	447	2,2	28069	2,6	4987	1,2	1340	1,0	68	0,7
Кожа	2016	1,1	746	3,6	—	—	—	—	706	0,5	92	0,9
Желчь	6285	3,4	317	1,5	11911	1,0	—	—	877	0,7	15	0,2
Всего	188611	100	20705	100	1053192	100	407596	100	126662	100	9824	100

Общая закономерность распределения и перераспределения C^{14} в организме при выдерживании в радиоактивном растворе соды в течение разных промежутков времени остается одинаковой, но абсолютные величины при более длительном выдерживании возрастают. Если в тело рыбы проникло больше углерода, то он значительно дольше сохраняется в нем (см. табл. 6, 7, 8). Так, при двухчасовом выдерживании в растворе активностью 220 μ Cu/l через 146 суток активность 100 мг чешуи была 82 имп/мин., а при восьмисуточном выдерживании в таком же растворе через 135 суток активность оказалась равной 832 имп/мин.

При выдерживании в растворах с более высокой концентрацией карбонатных соединений углерод задерживается в организме дольше (табл. 9).

Приведенные данные распределения радиоактивного углерода в органах и тканях свидетельствуют, что углерод карбонатных соединений воды, попадая в тело рыб, быстро включается в самые разнообразные органические соединения и обнаруживается во всех основных органах и тканях.

Чтобы проследить судьбу углерода соды в химически чистом веществе, наблюдали за активностью гликогена. Для анализов взяли гликоген печени как запасное вещество, идущее на энергетические нужды всего организма, и гликоген мышц—наиболее активной в энергетическом отношении ткани. Все приводимые ниже величины даны в расчете на 100 мг гликогена. Следует иметь в виду, что количество гликогена в мышцах и печени различно: в первом случае гликоген составляет чаще всего 0,3—1% от сырого веса ткани, а во втором случае—13—15%.

При выдерживании рыбы даже в очень слабых растворах радиоактивной соды (20 μ Cu/l) активность гликогена оказывается значительной и при двухчасовом купании рыбы сохраняется на протяжении 21 суток. С увеличением концентрации содового раствора активность гликогена увеличивается (табл. 10).

Таблица 10

Гликоген	Активность гликогена в имп/мин. при выдерживании карпов в течение суток в растворе соды концентрацией в μ Cu/l		
	20	100	500
Печени	48	1177	30217
Мышц	3273	8333	126100

При кратковременном купании рыб в содовом растворе (2 часа) углерод соды сохраняется в организме длительное время, но постепенно количество его снижается, а при постоянном выдерживании рыб в радиоактивном растворе количество углерода в гликогене за счет C^{14} соды все время возрастает (табл. 11).

После пересадки рыбы из радиоактивного раствора соды в чистую воду активность гликогена продолжает увеличиваться еще в течение 6—10 суток (см. табл. 6, 7, 8). Видимо, это связано с многократным использованием промежуточных или конечных продуктов обмена других тканей на построение гликогена.

При недостатке пищи карбонатные соединения, растворенные в воде, используются организмом на построение органического вещества тела в большем количестве. Очевидно, во время голодания значительная часть энергетических расходов покрывается за счет гликогена, образовавшегося вторично в процессе биохимических превращений, происходящих в организме. При многократном использовании тех или иных ор-

Таблица 11

Продолжительность выдерживания рыбы в растворе соды	Гликоген	Активность гликогена в имп/мин. при длительности опыта								
		2 час.	5 час.	1 сутки	3 суток	6 суток	10 суток	16 суток	21 сутки	
Активность раствора 20 μ Си/л										
2 часа	Печени	5	—	16	Фон	15	Фон	29	23	
	Мышц	8	—	60	198	177	80	Фон	35	
Постоянно	Печени	5	—	48	22	4367	159	320	1638	
	Мышц	8	—	3273	1444	11962	2203	6933	10000	
Активность раствора 60 μ Си/л										
2 часа	Печени	63	—	185	1135	6049	—	—	—	
	Мышц	43	—	2050	7953	12888	—	—	—	
Постоянно	Печени	63	183	5022	—	39757	—	—	—	
	Мышц	43	750	10645	—	22333	—	—	—	

ганических веществ больше вовлекаются в происходящие процессы и карбонаты, попавшие в кровь из воды. Для подтверждения этого предположения мы выдерживали годовиков карпа в радиоактивном растворе соды (27 μ Си/л) на протяжении 7 суток. В одном случае карп получал избыточное питание (хириноиды), а в другом — все 7 суток сидел голодным (табл. 12).

Таблица 12

Рыба	Активность в имп/мин. 100 мг				
	гликогена		щелочерастворимых белков мышц	жаберных лепестков	крови
	печени	мышц			
Сытая	197	2195	286	489	2000
Голодная	1515	5182	303	489	1666

Судя по активности жаберных лепестков, интенсивность проникновения C^{14} остается постоянной, так как она, очевидно, определяется концентрацией карбонатов в воде. Но использование организмом проникшего углерода в том и другом случае различно. У голодных рыб активность гликогена печени и мышц значительно выше, чем у сытых. Пониженная активность крови голодных рыб, видимо, является следствием усиленного потребления углерода для построения гликогена.

Активность белков у голодных рыб повышается незначительно.

Небольшие наблюдения за ролью углерода соды при построении белков показали, что он входит в состав белковых молекул водо-, соли- и щелочерастворимых белков мышц. Относительная активность его по сравнению с другими органами и тканями невелика. После кратковременного выдерживания в соде углерод в белках мышц появляется не сразу (см. табл. 6). Это свидетельствует о более сложном пути, который должен пройти углерод соды, прежде чем войти в состав белковой молекулы. Интенсивность использования углерода соды на построение белков, очевидно, прежде всего определяется структурой белков. Так, активность водорастворимых альбуминов значительно больше (605 имп/мин. на 100 мг белка), чем щелочерастворимой фракции (364 имп/мин.), в которой содержатся альбумины, глобулины и миоглобины.

Как уже упоминалось, активность сложных белков стекловидного тела с углеводсодержащей группой по крайней мере в 10 раз больше активности белков щелочной фракции мышц. В жирах углерод радиоактивной соды обнаружен как после кратковременного купания рыбы, так и после более длительного выдерживания ее в растворе (см. табл. 6, 7, 8).

Очевидно, степень активности жира определяется его качеством, местом нахождения и физиологическим состоянием рыбы. В наших опытах с годовиками карпа активность 100 мг жира, взятого из разных мест, варьировала очень сильно. Наиболее активным был жир печени — 1064 имп/мин. Активность жира мышц составляла 372 имп/мин., а жира внутренних органов (без печени) — всего 180 имп/мин.

В жирах, как и в белках, углерод соды появлялся значительно позже, чем в гликогене. В первую очередь его обнаруживали в жире печени. Относительная активность всех жиров значительно ниже, чем других тканей (см. табл. 6).

У верховки — взрослой рыбы с иным типом обмена веществ — в жирах радиоактивный углерод обнаруживается в большем количестве, чем у карпа.

Если у карпа после двухчасового выдерживания в растворе соды активностью 220 μ Си/л активность жира печени достигает 70—80 имп/мин. на 100 мг жира, то у верховки при тех же условиях она составляет 1500—2000 имп/мин.

Для сравнения интенсивности потребления углерода рыбой с разным уровнем обмена веществ мы поставили два опыта. В первом случае наблюдали за интенсивностью потребления углерода молодью близких видов: чешуйчатого и зеркального карпа (см. табл. 7). Количество углерода в различных органах и тканях оказалось почти одинаковым. Несколько меньше углерода было в гликогене, белках и крови зеркального карпа.

Что же касается интенсивности проникновения углерода и его обмена в организме у далеких в родственном отношении видов, находящихся к тому же в разных стадиях развития (молодь и взрослая рыба), то здесь различия очень велики.

Для сравнения взяли молодь чешуйчатого карпа весом 8—13 и верховку весом 2,0—2,3 г. Рыбу выдерживали 2 часа в растворе соды активностью 220 μ Си/л и концентрацией 31 мг/л. Затем рыбу отмывали и выращивали в чистой воде: верховку 19 суток, а карпа до 146 суток. Данные по распределению C^{14} в различных органах и тканях представлены для карпа в табл. 6, а для верховки — в табл. 13.

Активность органов и тканей верховки оказалась значительно выше, чем у карпов, что свидетельствует о более высоком уровне обмена веществ у нее. Основные закономерности распределения углерода у верховки те же, что и у карпа. Активность гликогена мышц значительно выше активности гликогена печени, но эта разница в отличие от карпов еще больше. Большая активность характерна для сложных белков стекловидного тела. Наблюдается также пульсация активности ряда тканей.

О высоком общем уровне обмена веществ у верховки можно судить по более высокой, чем у карпа, первоначальной активности. Но при ближайшем рассмотрении полученных цифр оказывается, что большое количество потребленного углерода идет на продуцирование энергетических веществ и углерод быстро выводится из организма с продуктами распада. Действительно, активность гликогена мышц и жиров у верховки в 20—30 раз выше, чем у карпа. При сравнении активности белков и костной ткани оказывается, что у верховки она выше только в 4—6 раз, а активность нервной ткани у обеих рыб почти одинакова.

Таблица 13

Исследованные органы, ткани и органические вещества рыбы	Распределение C^{14} в органах, тканях и органических веществах верховки после двухчасового выдерживания в растворе соды активностью $220 \mu Ci/L$ и концентрацией $31 \mu g/L$ и при дальнейшем выращивании в чистой воде в течение									
	1 суток		4 суток		7 суток		13 суток		19 суток	
	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности	имп/мин.	% от общей активности
Гликоген										
печени	306	0,6	180	0,4	0	0	1846	13,7	1500	4,9
мышц	36300	68,0	29454	78,5	1286	13,3	4800	35,4	25500	83,6
Жир										
печени	0	0	29	0,08	1500	14,6	2000	14,7	100	0,3
мышц	240	0,5	200	0,5	333	3,2	250	1,8	212	0,7
кожи	—	—	—	—	160	1,5	55	0,4	74	0,2
Белки										
щелочерастворимые . .	275	0,5	289	0,7	118	1,1	93	0,7	159	0,5
стекловидного тела	2400	4,5	1187	3,1	1266	12,4	632	4,6	750	2,5
Кости										
основные	1061	2,0	217	0,6	263	2,6	229	1,7	168	0,5
покровные	4569	8,6	208	0,6	531	5,1	200	1,5	273	0,9
Чешуя	2210	4,2	820	2,1	1272	12,5	282	2,1	500	1,6
Спинальный мозг	864	1,6	850	2,3	1000	9,7	692	5,1	533	1,8
Кровь	1115	2,1	1133	3,1	—	—	133	1,0	100	0,3
Жаберные лепестки	3875	7,4	3000	8,0	2444	24,0	1666	12,3	632	2,2
Почки	—	—	—	—	—	—	679	5,0	—	—
Всего	53215	100	37467	100	10173	100	13557	100	30511	100

Углерод, попавший в тело карпа, расходуется значительно «экономнее». Он, видимо, более прочно входит в состав органических соединений и используется внутри организма более длительное время. Об этом мы судим по интенсивности его выделения через жабры и почки и по уровню углерода в крови.

У карпа активность жаберных лепестков значительно ниже, и снижается она медленно. У верховки в первые сутки активность очень высока, а через 20 дней становится такой же, как у карпа. Высока активность почек, что свидетельствует о большой степени выведения углерода из организма.

Уровень углерода в крови, первоначально высокий, также быстро снижается, а у карпа активность крови изменяется медленно.

Из сказанного видно, что углерод карбонатов окружающей среды принимает участие в обмене веществ рыбы и используется на построение органического вещества. Однако количество потребляемого угле-

рода и степень его использования на пластический и энергетический обмен у разных видов рыб при разном их физиологическом состоянии может сильно отличаться.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований было установлено, что углерод, находящийся в воде в виде минеральных соединений, проникает в тело рыбы и принимает участие в построении самых разнообразных органических веществ. Радиоактивный углерод был обнаружен во всех органах и тканях рыбы.

2. Основным местом проникновения минеральных соединений углерода являются жабры. Через жабры проникает 92,7% углерода, а через кожу — всего 7,3%.

3. Интенсивность проникновения углерода в тело рыбы определяется стадией ее развития и концентрацией карбонатных соединений в воде.

4. При большом количестве первоначально проникшего радиоактивного углерода он дольше сохраняется в теле рыбы.

5. При недостатке пищи карбонатные соединения воды в большей мере участвуют в образовании органических веществ в теле рыбы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алекин О. А., Общая гидрохимия, Ленинградское отделение Гидрометеоздата, 1948.
 2. Алекин О. А. и Моричева Н. П., Влияние карбонатной системы в природных водах на содержание органических веществ, ДАН СССР, т. 119, № 2, 1958.
 3. Богоявленская М. П., Изучение кальциевого обмена в целях использования Ca^{45} в качестве метки, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
 4. Лозинов А. Б., О кислородном оптимуме молоди осетровых, Автореферат диссертации, М. 1950.
 5. Ни Да-шу и Инь Вэн-ли, Действие однопроцентного раствора питьевой соды на интенсивность роста рыб и повышение сопротивляемости их молоди, Рыбная промышленность за рубежом, сб. 4, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1956.
 6. Фролова Л. К., Некоторые вопросы влияния неорганического кобальта на рост и обмен веществ молоди карпа, Информационный сборник ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
 7. Хевеши Г., Радиоактивные индикаторы, ИЛ, 1950.
 8. Чистякова И. П., Влияние уголекислоты на рост личинок осетра и потребление ими кислорода, Печатается в настоящем сборнике.
 9. Шеханова И. А., Изучение фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб с применением радиоактивного фосфора, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
-

**ПРОНИКНОВЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ S³⁵ ИЗ ВОДЫ
В ТЕЛО РЫБЫ****И. В. СМЕЛОВА**

В настоящее время благодаря успехам в развитии биологии и химии все более ясным становится исключительное значение серосодержащих соединений в физиологии животного организма.

Сера в животном организме встречается главным образом как составная часть белка. Присутствие серы является одной из характеристик полноценного белка, в котором она содержится в форме аминокислот, содержащих серу: цистина и метионина. Сера в них составляет 26,6 и 21,93%. Эти аминокислоты входят в состав многих специфических белков и ферментов, а также в состав ряда биологически активных веществ: витаминов (биотин и тиамин), гормонов (особенно гормонов передней и задней долей гипофиза) и инсулина. Кроме того, сера содержится в нервной ткани в виде сульфатидов, в хрящах и костях — в виде хондроитинсерной кислоты. Наряду с указанными соединениями в животном организме встречаются эфиросерные кислоты (глутатион, трипептиды и другие), а также соли роданистой, тиосерной и дитионовой кислот.

Соединения серы, содержащиеся в животном организме, частично представляют собой соли и эфиры серной кислоты, частично являются производными сероводорода или соединениями, которые содержат сульфгидрильные группы.

Среди серосодержащих соединений наибольшее значение для животного организма имеют аминокислоты, содержащие сульфгидрильные и метильные группы, обладающие высокой химической активностью. Метильные группы организм использует для синтеза ряда биохимических соединений (холин, адреналин, креотинин) и для обезвреживания ядовитых продуктов обмена. Единственным переносчиком метильных групп является метионин.

Сульфгидрильные группы легко вступают в соединения. При образовании белковой молекулы они осуществляют связь между аминокислотами.

Помимо белкового обмена, сера участвует также в жировом, углеводном, желчном и пигментном обменах. Она влияет на общий обмен минеральных веществ: органические соединения серы при окислении минерализуются и выводятся из организма в форме неорганических сульфатов. В этом случае сера влияет на соотношение между кислотами и основаниями.

Кроме органической серы, в обмене веществ участвует также и минеральная сера, которая, будучи введена в организм, связывается с ядовитыми продуктами обмена (индол, скатол и др.), обезвреживает их и выделяется в виде эфиросерных кислот. До последнего времени счи-

тали, что синтез органической серы происходит в растениях, а животные ее только трансформируют и аккумулируют [3].

Проведенными исследованиями доказано, что у низкоорганизованных животных, например у насекомых [16] и у рыб [4], минеральная сера участвует в синтезе серосодержащей аминокислоты — цистина. Ряд исследователей [28, 15, 12, 13] указывает на аналогичное использование серы в форме сульфатов и сульфидов теплокровными животными, но в очень незначительном количестве (0,03%).

Возможность проникновения веществ, растворенных в воде, в тело водных организмов давно интересовала ученых. Еще в 80-х годах XIX в. М. С. Merejkowsky [23] писал о возможности питания губок и медуз растворенными в воде питательными веществами, проникающими через эктодерму.

Так в физиологии возникла новая теория, так называемая теория осмотического питания, которая нашла в дальнейшем многочисленных приверженцев и получила наиболее широкое развитие в работах А. Pütter. Изучая динамику органических веществ моря, он пришел к выводу, что море является неиссякаемым источником питательных веществ, хотя концентрация органических веществ в организме водных беспозвоночных в 10 раз больше, чем в море [27].

Проводя исследования с рыбами [26] и выдерживая их в искусственных питательных растворах (отвар из водорослей, из рыб, солевые растворы и др.), А. Pütter пришел к выводу, что до 55% энергии, расходуемой на обмен, покрывается за счет растворенных питательных веществ и 45% — за счет органических веществ тела рыбы. В заключение своей работы А. Pütter указывает, что растворенные питательные усвояемые вещества природных вод следует рассматривать как основные вещества в питании рыб, но в то же время он считает, что питание возможно также только за счет оформленной пищи, без растворенных веществ.

Несмотря на ошибочность фактических данных и ряда предпосылок, гипотеза А. Pütter явилась основой для широкой научной дискуссии, повлекла за собой многочисленные исследования в данной области. Появилось много противоречивых работ, одни из которых подтверждали, а другие опровергали теорию осмотического питания.

А. Lipschütz [22], проводя опыты на рыбах (карпы и личинки угря), которых он помещал в питательные растворы (аспаратин, глюкозоамин, аспарагин с сахаром и тирозин с сахаром, экстракты из сухих дафний), пришел к отрицательному выводу.

И. Krizenecky [20], выращивая молодь карпов в питательных растворах (сахароза + пептон, пептон + глюкоза, водные экстракты из сухих дафний, рыбьего мяса и др.), пришел к выводу о возможности питания рыб растворенными веществами, причем, по его мнению, это питание не является вынужденным, т. е. оно возможно и тогда, когда имеется запас оформленной пищи.

В. Kostomarov [17, 18], экспериментируя с теми же рыбами и с теми же питательными растворами, установил, что рыбы используют растворенные в воде питательные вещества только для пластического, но не энергетического обмена.

С. Chomkovic [11], проводивший аналогичные работы с линем и карасем, нашел, что кожа способна пропускать питательные вещества только в одном направлении — внутрь. Работа Bonnet [9], проведенная с *Gasterosteus aculeatus*, не подтвердила вывода С. Chomkovic.

А. Krogh [19] проверил возможность использования растворенных веществ водными организмами специально разработанным микрометодом и пришел к выводу об ограниченной способности водных организмов питаться растворенными веществами. На его взгляд, за счет такого

питания может быть покрыто не более $\frac{1}{4}$ энергии, расходуемой на обмен.

Долгое время в науке господствовала «мембранная» теория, согласно которой на поверхности клеток имеется мембрана, проницаемая для анионов и катионов. Разбирая основные положения этой теории, А. С. Трошин [7] указывает, что животные и растительные клетки проницаемы для всех минеральных катионов и анионов и для самых разнообразных аминокислот.

Цель исследования, проведенного нами, заключалась в том, чтобы выяснить возможность проникновения различных соединений серы-35 из воды в тело рыб. При этом мы имели в виду, что в пресной воде сера присутствует в виде сероводорода, сульфата и сульфида, а из органических соединений, по данным W. N. Peterson, E. B. Fred и B. F. Domogalla [25], — в виде свободной аминокислоты цистина.

В своих опытах мы применяли метод меченых атомов, используя минеральные и органические соединения серы (сульфат, сульфид, метионин и цистин). Радиоактивную серу вводили в тело рыб путем выдерживания их в воде, в которой было растворено одно из указанных соединений серы. Поглощение радиоактивной серы контролировали путем подсчета количества импульсов в единицу времени в сырой навеске органов и тканей.

Подопытным материалом служили главным образом карпы (молодь и годовики) и частично молодь осетра. Рыба находилась в радиоактивной воде от 1 часа до нескольких суток, после чего ее тщательно промыли под струей проточной воды, а затем анализировали.

Исследовали рыбу на разных этапах развития; в процессе опытов меняли активность растворов и продолжительность выдерживания в них рыбы; 15—20 мг анализируемой сырой ткани помещали на предметное стекло, снизу которого был приклеен бумажный диск площадью 3 см² для размещения препарата в строго определенном положении под счетчиком.

Навеску ткани заливали смесью концентрированных соляной и азотной кислот, взятых в соотношении 1:2, и выдерживали на стекле 1,5—2 часа до полного растворения. Полученную гомогенную массу равномерным слоем размещали по всему кругу и на несколько часов оставляли на воздухе до полного высушивания. Для ускорения процесса препарат выдерживали 3—5 мин. в сушильном шкафу при температуре 80—90°. Добавление этих кислот ввиду их испарения не увеличивало вес препарата. Полученные указанным способом препараты были достаточно тонкими, что помогло нам избежать ошибки за счет самопоглощения активности в препарате.

Активность ткани подсчитывали на торцовом счетчике типа БФЛ-25 с толщиной слюдяного окна 1,2 мг/см². В соответствии с активностью препарата продолжительность подсчета колебалась от 5 мин. до 1 часа. Эффективность счета, исходя из стандартного препарата по С¹⁴, — 20%.

Препараты готовили из крови, мышц, чешуи, кожи, почек, селезенки, печени, кишечника и его содержимого, жаберных крышек, жабр, мозга и костей.

Чтобы иметь возможность сравнивать активность разных препаратов, строго соблюдали постоянное расстояние от препарата до поверхности счетной трубки. После измерения активности навески полученные данные пересчитывали на 100 мг сырой ткани.

В ориентировочном опыте, выдерживая карповых и осетровых рыб в растворе сульфата натрия активностью 12,5; 19,3 и 22,6 мкCi/л, мы не обнаружили радиоактивности органов и тканей. Чтобы окончательно убедиться в этом, поставили проверочный опыт с применением радио-

автографии, одним из достоинств которой является возможность измерения весьма малых излучений. После выдерживания группы рыб в течение 1 часа в радиоактивном растворе сульфата натрия активностью 23,8 $\mu\text{Ci/l}$ из всех органов и тканей делали тонкие срезы, которые приклеивали к предметному стеклу и тщательно высушивали. Затем на них накладывали рентгеновскую пленку типа «Акфа» и оставляли препараты в таком состоянии на 40 дней, после чего пленку проявляли.

На проявленной пленке были видны отпечатки срезов органов и тканей в виде затемненных участков, сохраняющих контуры срезов (радиоавтографы). Хотя этот результат носит качественный характер, он достаточно достоверен и отвечает на наш вопрос. Основываясь на полученных данных, можно сказать, что сульфат натрия при активности раствора 23,8 $\mu\text{Ci/l}$ проникает в тело карпов, но в ничтожном количестве, так как обнаружить активность удалось только после длительной регистрации импульсов при выдерживании пленки на срезах органов.

Увеличивая активность раствора до 135, 193 и 288 $\mu\text{Ci/l}$, мы обнаружили S^{35} в теле рыбы весом 5—5,5 г с помощью счетчика, а по количеству импульсов судили о величине ее проникновения.

Активность воды в $\mu\text{Ci/l}$	Количество импульсов в минуту на 100 мг веса гомогенизированной ткани
12,5	0
19,3	0
22,6	0
57,9	80
135,0	264
193,0	346
288,0	530

Исходя из данных ориентировочных опытов, можно сказать, что проникновение сульфата натрия, меченного по S^{35} , незначительно: радиоактивность обнаружена только при активности раствора 57,9 $\mu\text{Ci/l}$. При увеличении концентрации радиоактивного вещества в воде активность рыб увеличивается.

Чтобы судить о зависимости между количеством проникающей в организм серы-35 и продолжительностью пребывания рыбы в радиоактивном растворе, проделали опыт с карпами весом 5,5—6 г, которых выдерживали в растворе сульфата натрия активностью 193 $\mu\text{Ci/l}$ от 1 часа до 7 суток при температуре 18°. Для каждого периода мы брали по три рыбы и два параллельных препарата.

Из табл. 1 видно, что общая активность тела возрастает при увеличении продолжительности выдерживания рыбы в растворе до 48 час. В дальнейшем активность рыбы снижается. Если из итоговых данных исключить активность выделительных органов, которая колеблется в значительных пределах и не может служить объективным показателем активности тканей тела рыбы, мы все же приходим к аналогичному выводу, с той лишь разницей, что наибольшей величины общая активность тела достигает после 96-часового выдерживания в радиоактивном растворе, а затем наблюдается ее снижение. Это свидетельствует о том, что организм не способен беспредельно вбирать в себя соединения серы, а в известный момент наступает некоторое равновесие, после чего количество серы-35 в тканях уменьшается.

Аналогичное явление отмечено Е. А. Тимофеевой-Ресовской и др. [5, 6], которые, проводя опыты по накоплению пресноводными организмами химических элементов из водных растворов, обнаружили, что

Таблица 1

Органы и ткани	Распределение серы ($\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$) в теле карповых рыб в опытах различной длительности (в часах) ¹				
	1	24	48	96	168
Кровь	11	24	25	55	56
Чешуя	58	45	168	47	120
Кожа	35	74	54	73	111
Мышцы	11	40	21	20	22
Почки	165	70	60	65	30
Печень	39	31	48	20	54
Селезенка	50	66	40	90	49
Содержимое кишечника	25	158	482	50	160
Кишечник	6	38	443	57	62
Желчь	—	91	300	890	716
Кости	19	91	66	40	14
Мозг	10	34	59	6	4
Жабры	27	40	65	42	47
Суммарная активность	456	802	1831	1455	1445
Суммарная активность за вычетом органов выделительной системы (почки, желчь, кишечник и его содержимое)	260	445	546	593	447

¹ Во всех таблицах распределение и проникновение серы характеризуется скоростью счета в имп/мин., пересчитанных на 100 мг сырого веса ткани.

у растений и моллюсков коэффициент накопления оставался постоянным.

Анализируя распределение радиоактивной серы в органах рыб после выдерживания их в радиоактивном растворе, можно отметить, что основное количество ее содержится в желчи, кишечнике, почках.

Включение серы (сульфата натрия) в органы и ткани и выделение ее происходит с различной скоростью. Такие органы, как почки, кожа, кишечник, играющие роль в выделении серы, а также чешуя быстро захватывают меченую серу и довольно быстро теряют ее. В мышцах отдача серы происходит менее интенсивно и колебания активности незначительные.

В. К. Бауман [1] при изучении обмена серы у кур наблюдала аналогичную картину медленного обмена в сердце, яичнике и мышцах.

Активность мозга в наших опытах была очень незначительной: наивысшая активность наблюдалась на вторые сутки. Основываясь на этих данных, можно было бы считать, что обмен в мозгу менее интенсивен, чем в других органах. Однако Ochlert и Schultze [24], изучая белковый обмен в центральной нервной системе кроликов и крыс радиоавтографическим методом, отмечают очень высокую активность ганглионарных клеток центральной нервной системы. В соответствии с интенсивностью белкового обмена авторы делят все клетки на четыре группы и к первой из них (с наиболее интенсивным обменом) относят, в частности, ганглионарные клетки вегетативной и центральной нервной системы.

Несоответствие этих данных с нашими может быть и объясняется тем, что Ochlert и Schultze выделяли ганглионарные клетки, где проис-

ходит синтез белка, а мы исследовали мозг в целом, учитывая и миелиновое вещество, нейроглин и т. п., характеризующиеся низким белковым обменом.

Наши данные согласуются с данными D. M. Greenberg и T. Winnick [14], которые также исследовали мозг в целом.

Сравнивая активность рыбы ненакормленной (см. табл. 1) и накормленной непосредственно перед опытом (см. табл. 2) после выдерживания ее в растворе одной и той же активности ($193 \mu \text{Ci/l}$), мы отметили большую активность органов накормленных рыб. Это объясняется, по-видимому, тем, что рыба некоторое количество воды заглатывает для смачивания пищевого комка. В данном случае это была вода с растворенной в ней радиоактивной серой, которая, проникая из кишечника в кровь, увеличивала общую активность организма. Быстрое исчезновение активной серы объясняется, по-видимому, тем, что при обеспечении рыбы серой органических соединений пищи диффундировавшая сера сульфатов не ассимилируется и быстро выводится из организма.

Таблица 2

Органы и ткани	Проникновение сульфата натрия (меченного по S^{35}) в тело накормленных карповых рыб при продолжительности выдерживания рыбы в активном растворе в часах и температуре 16°		
	24	96	168
Кровь	275	0	0
Чешуя	88	0	0
Кожа	32	0	0
Мышцы	28	0	0
Печень	19	0	0
Почки	50	70	100
Кишечник	66	380	—
Содержимое кишечника	665	427	150
Желчь	0	259	540
Мозг	34	0	0
Жабры	31	0	0
Итого	1288	1136	790

Как видно из табл. 2, активность к 96 и 168 часам обнаружена только в органах, выполняющих у рыб выделительные функции,— в кишечнике, его содержимом, почках и в продукте секреции—желчи. Приведенные данные свидетельствуют о том, что сера сульфата, не включаясь в обмен, сразу же выводится из организма.

Получив данные о проникновении сульфатов из воды в тело карпов, мы постарались выяснить, совпадает ли величина проникновения сульфатов у рыб, содержащихся на полноценном рационе, и у рыб, содержащихся на рационе с недостатком серы.

В течение трех месяцев две группы рыб весом 9,5—10 г содержали на разных рационах; контрольную рыбу кормили хириномидами, а опытную — солодовыми ростками. Для определения интенсивности проникновения серы рыбу помещали на 1 час в воду с растворенным в ней сульфатом натрия, меченным по сере (активность раствора $280 \mu \text{Ci/l}$). После просчета препаратов, приготовленных из органов и

тканей рыбы, мы получили данные, характеризующие поступление сульфатов, меченных по S^{35} , в тело рыб (табл. 3).

Таблица 3

Рыба	Проникновение сульфата натрия (меченного по S^{35}) в тело карповых рыб, содержащихся на различных кормах, при продолжительности выдерживания в активном растворе в часах		
	2	24	96
Опытная	681	518	620
Контрольная	530	456	546

Примечание. В таблице приведено суммарное число импульсов в минуту.

У опытных рыб общая активность была несколько больше, чем у контрольных. Хотя разница и незначительна, она все-таки свидетельствует в пользу того, что в случае недостатка серы в корме она может быть в какой-то степени компенсирована серой, растворенной в воде. Это обстоятельство имеет большое значение при неблагоприятных условиях жизни (недостаток питания, неполноценное питание, зимовка рыбы и т. д.).

Для сопоставления проникновения сульфатов и сульфидов в организм карпов мы проделали опыт с сульфидом натрия (Na_2S^{35}). Методика проведения опыта осталась прежней. Рыбу выдерживали в воде активностью $180 \mu\text{Ci}/л$ в течение различного времени при температуре 19° . Данные по скорости проникновения сульфида натрия из воды в тело рыбы приведены в табл. 4.

Таблица 4

Органы и ткани	Распределение сульфидов (меченных по S^{35}) в теле карповых рыб при продолжительности выдерживания их в активном растворе (в часах) и температуре 19°		
	2	24	48
Кровь	148	205	112
Чешуя	115	160	93
Кожа	96	106	121
Мышцы	34	25	23
Почки	183	50	84
Селезенка	41	27	16
Печень	71	30	46
Желчь	145	1158	2845
Содержимое кишечника .	52	158	500
Кишечник	53	—	111
Кости	57	84	34
Мозг	0	13	0
Жабры	86	63	54
Жаберные крышки . . .	78	50	53
Суммарная активность тела	1159	2129	4092
Суммарная активность тела за вычетом активности органов выделительной системы	716	742	652

Сравнение данных табл. 1 и 4 позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на меньшую активность раствора сульфида натрия по сравнению с раствором сульфата натрия, наблюдалось большее поступление серы-35 сульфида в тело рыб.

Суммарная активность, на первый взгляд, свидетельствует об увеличении проникновения соединений серы при увеличении продолжительности выдерживания рыбы в радиоактивном растворе. Но если из этих показателей вычесть активность органов, выполняющих выделительную функцию, то получаются величины, свидетельствующие об увеличении проникновения только в течение 24 часов.

Проникновение сульфата и сульфида натрия увеличивается при длительном выдерживании, но вместе с тем усиливается и выделение их. Это подтверждается очень высокой активностью кишечника, его содержимого, почек и желчи. Небольшое нарастание активной серы в организме за счет перераспределения ее и значительное усиление активности выделительной системы, по-видимому, являются результатом адаптации организма к сохранению постоянного состава жидкостей тела.

При изучении величины проникновения различных соединений серы в организм карповых мы суммировали активность всех исследуемых органов и тканей и, разделив ее на количество органов, получили осредненные данные (табл. 5).

Как видно из табл. 5, сульфид натрия проникает в большем количестве.

Для выяснения мест проникновения ионов серы в организм рыб мы использовали органическую серу (метионин и цистин). Рыбу помещали в специальную камеру, которую ранее применяли в своих опытах И. А. Шеханова [8] и М. П. Богоявленская [2]. Камера состоит из двух отсеков, между которыми на-

тянута тонкая резиновая мембрана. Рыба закрепляется так, что в одном отсеке помещается голова с жабрами, а в другом—все туловище. В воду одного из отсеков добавляли радиоактивный раствор и краситель, чтобы иметь возможность контролировать «загрязнение» радиоактивной водой «чистого» отсека. В каждом опыте исследовали три рыбы. После часового выдерживания в камере рыбу тщательно промывали и готовили препараты из органов и тканей для определения их активности.

Результаты опытов показали, что ионы серы органических соединений проникают в тело карповых рыб и через жабры, и через поверхность тела, причем в последнем случае даже более интенсивно. После проникновения в тело рыбы сера быстро распространяется по всем органам и тканям, о чем свидетельствуют данные табл. 6.

Из приведенных данных обращает на себя внимание повышенная активность кожи в обоих случаях, т. е. при проникновении серы в организм через жабры и через кожу. Это объясняется, по-видимому, тем, что кожа является депонирующим органом серы.

Порядок величин при проникновении в тело рыбы метионина и цистина почти одинаков. Распределение и включение серы-35 в органы и ткани не зависит от того, в каком растворе выдерживается рыба: в растворе сульфата, сульфида, метионина или цистина. В случае применения органических соединений увеличивается лишь абсолютное содержание серы.

Таблица 5

Продолжительность выдерживания рыбы в растворе в часах	Проникновение минеральных соединений серы в тело рыбы из растворов	
	сульфата натрия активностью 193р. Су/л	сульфида натрия активностью 180р. Су/л
1	29	—
2	—	82
24	59	152
48	134	299

Таблица 6

Органы и ткани	Сравнительные данные проникновения через жабры и поверхность тела органических соединений серы-35 в тело карповых рыб из растворов			
	метионина активностью 12,5р. Сц/л		цистина активностью 25,0р. Сц/л	
	жабры	поверхность тела	жабры	поверхность тела
Кровь	65	200	43	244
Чешуя	46	234	112	189
Кожа	180	708	218	400
Мышцы	43	125	17	22
Почки	128	24	191	18
Печень	75	20	100	24
Селезенка	115	25	42	60
Желчь	65	43	68	61
Содержимое кишечника	92	133	62	64
Кишечник	55	75	104	66
Кости	44	50	50	42
Мозг	49	35	16	15
Жаберные крышки	92	39	31	30
Жабры	94	57	100	33
Итого	1143	1768	1154	1268

Таким образом, проведенные опыты подтверждают, что А. Rütter в известной мере был прав, считая, что органические вещества и минеральные соединения проникают из окружающей среды в тело рыб.

Таблица 7

Органы и ткани	Проникновение сульфата натрия (меченного по S ³⁵) в тело осетровых рыб при продолжительности выдерживания рыб в активном растворе в часах			
	1	24	120	240
Кровь	16	20	0	0
Жучки	60	40	15	35
Кожа	33	40	60	33
Мышцы	32	30	24	71
Почки	50	40	30	40
Печень	18	18	30	28
Содержимое кишечника	—	60	40	22
Кишечник	—	23	30	22
Мозг	16	28	22	20
Жаберные крышки	42	29	27	25
Жабры	—	21	24	19
Плавники грудные	21	30	32	20
Итого	288	379	334	335

Вопрос, следовательно, заключается лишь в том, какие вещества и в какой степени используются организмом таким путем.

В результате опытов, проведенных с двухгодовиками осетровых рыб, установлено, что неорганическая сера (сульфат натрия) проникает в их тело уже при активности раствора $54 \mu\text{Si/l}$ (табл. 7).

При сравнении данных проникновения сульфата и сульфида натрия в организм двухгодовиков осетровых и молоди карпа видно, что у карпов в большем количестве проникает сера сульфидов, а у осетровых, наоборот, сульфатов проникает больше, чем сульфидов.

Опытами, проведенными с мальками осетровых, установлено, что активность рыбы при проникновении сульфида натрия из раствора активностью $28,2 \mu\text{Si/l}$ и выдерживании рыбы 1 час характеризовалась 90 имп/мин., а при проникновении сульфата натрия из раствора активностью $135 \mu\text{Si/l}$ —53 имп/мин. Эти данные свидетельствуют о том, что мальки осетровых, которые до покатной стадии обитают, как и карпы, в пресной воде, аналогично карпам воспринимают из нее и сульфиды, и сульфаты, т. е. можно думать, что интенсивность проникновения сульфидов и сульфатов связана со средой обитания рыб. Подтверждением этому являются также полученные нами средние величины суммарной активности на 100 мг веса тела для мальков карпов и для мальков стерляди при активности раствора $32 \mu\text{Si/l}$ (табл. 8).

Таблица 8

Виды рыб	Проникновение различных соединений S^{35} в тело мальков карповых и осетровых рыб из растворов		
	сульфата натрия	сульфида натрия	метионина
Стерлядь	15	24	58
Карп	25	35	197

Как видно из табл. 8, в тело стерляди и карпа сульфидов проникает больше, чем сульфатов. Данные о проникновении метионина свидетельствуют о том, что органическая сера проникает в организм интенсивнее, чем неорганическая, и что у карпов интенсивность белкового обмена выше, чем у стерляди.

ВЫВОДЫ

1. Минеральная сера, растворенная в воде, поглощается рыбами из окружающего их водного раствора в незначительном количестве.
2. Проникает сера через кожу и жабры.
3. Сера, поступившая в тело рыб, распределяется по всем органам и тканям.
4. В тело мальков осетровых и мальков и двухлетков карповых сульфид натрия проникал в большей степени, чем сульфат натрия.
5. Проникновение серы сульфатов в тело двухгодовиков осетра было более интенсивным, чем серы сульфидов.
6. Органические соединения серы (метионин, цистин) проникают в организм осетровых и карповых рыб в большей степени, чем неорганические.
7. Рыбы, содержащиеся на неполноценном рационе (с недостатком серы), потребляют большее количество серы из воды, чем рыбы, питавшиеся полноценным кормом.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бауман В. К., Изучение обмена серы у кур, АН Латв. ССР, № 5, 1955.
2. Богоявленская М. П., Изучение кальциевого обмена с целью использования Ca^{45} в качестве метки рыб, изд. «Рыбное хозяйство», 1959.
3. Сисаков Н. М., Биохимия обмена веществ, АН СССР, 1954.
4. Смелова И. В., Использование минеральной серы на построение серосодержащих аминокислот у рыб, Информационный сборник ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
5. Тимофеева-Ресовская Е. А., Тимофеева Н. А., Тимофеев-Ресовский Н. В., О накоплении пресноводными организмами химических элементов из водных растворов, Бюллетень МОИПа, 64, вып. 5, 1959.
6. Тимофеева-Ресовская Е. А., Попова Э. И., Поликарпов Г. Г., О накоплении пресноводными организмами химических элементов из водных растворов, Бюллетень МОИПа, т. 63, вып. 3, 1958.
7. Трошин А. С., Проблема клеточной проницаемости, АН СССР, 1956.
8. Шеханова И. А., О возможности усвоения рыбами фосфора из воды, ДАН СССР, т. 106, 1, 1956.
9. Bonnet, Einige experimenten omtrent de thorie von Pütter, Doct. diss. a Univ. Leyden, 1927.
10. Carrington U. S., Mitchell H. H., Hale W. H., Albin I. S., The value of elemental sulfur in a methionine deficient spectration, J. Anim. Sci. 9, 4, 1950.
11. Chomkovic C., Ueber die Permeabilität der Haut bei Fischen für Lösungen organischen Nährsubstanzen, Pfl. Arch., 211, 1926.
12. Dziewiatkowsky D. D., Conversion of sulfide sulfur to cystine sulfur in the rat with use of radioactive sulfur, J. Biol. Chem., 164, 1, 1946.
13. Dziewiatkowsky D. D., Utilization of sulfate in the rat for the synthesis of cystine, J. Biol. Chem., 207, 1, 1954.
14. Greenberg D. M. and Winnick T., Studies in protein metabolism with compounde labelled with radioactiv carbon, J. of biological chemistry, Baltimore, v. 173, 1, 1948.
15. Hevesy C., Radioactive indikators in turnover study. Adv. Enz., VII, 1947.
16. Hilchey D., Bloch I., Miller, Weed., The sulfur metabolism of insects, I. e Utilization of sulfate for the formation of cystine and methionine by the German cochroach *Blatella germanica*, Contrib. Boyce Thompson Inst., 18, 2, 1955.
17. Kostomarov B., Muze kapriplüdek vjuritkovative vode rozouszehe ziviny, Vestnik Ceskoslovenske Akademie Zemealske, Roc. 11, c. 5—6, 1926.
18. Kostomarov B., Prispvek k otazee, Jsouliiryby schopny vyzitkovati zivin roz-pustenych ve vode, Sb. Ceskoslovenske Academie Zemedelske, Roc. 11, Sec. 3, 1927.
19. Krogh A., Dissolved substances as food of aquatic organisms, Rap. et Proc. Verb., v. XXV, 1931.
20. Krizenecky I., Experimentelle Untersuchungen zur Frage nach der Ernährung der Wassertiere durch geloste Nährstoffe, Zool. Anz., Bd. 58, 1923.
21. Looski S. K., Harris L. E., Methionine increases the value of urea for lambs, J. Anim., Sci. 4, 1945.
22. Lipschütz A., Über den Hungerstoffwechsel der Fische, Zeitschr. f. Allgem. Physiol., Bd. 12, 1911.
23. Merejkowsky M. C., Sur une anomalie chez les Hydromeduses et sur leur mode du nutrition on moyen de ectoderme, Arch. Zool. experim., Bd. 18, 1879—1880.
24. Ochlerl and Bricite Schultze, Autoradiographic findings on the amount of protein metabolism in single tissues and cells with special view to the central nervous system of the rabbit, Radioisotops in Scientific Research, v. 3, Proceedings of the First (UNESCO), Intern. confer, 1958.
25. Peterson W. N., Fred E. B. and Domogalla B. F., The occurrence of amino acids and other organic nitrogen compounds in lake water, J. Biol. Chem., 63, 1925.
26. Pütter A., Die Ernährung der Fische, Z. f. Allgem. Physiol., Bd. 9, 1909.
27. Pütter A., Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer, Jena, 1909.
28. Tarver H., Schmidt C. L., Radioactive sulfur studies, J. Biol. Chem., 146, 1, 1942.

ДЕЙСТВИЕ КОБАЛЬТА НА НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ КАРПА

Л. К. ФРОЛОВА

В настоящее время наука о микроэлементах находится на таком этапе развития, когда в основном закончен сбор материалов описательного характера о распределении микроэлементов в почве, воде, в животных и растительных организмах и основное внимание уделяется выяснению их биологической роли. При этом, помимо патологических проявлений биологической активности различных микроэлементов, изучается участие их в нормальных физиологических процессах.

Среди большого количества изучаемых микроэлементов особое внимание обращает на себя кобальт. Его положительное действие на животный организм неоднократно описывали различные исследователи [5, 17, 8]. Кобальт стимулирует развитие и рост животных, улучшает химический состав тела, усиливает общий обмен веществ. Характерной особенностью кобальта является то, что он входит в ядро витамина В₁₂.

Соли кобальта широко применяются в практике животноводства в качестве подкормки. Немаловажную роль может сыграть его применение в рыбоводстве для подкормки рыбы или удобрения рыбоводных прудов.

Чтобы изучить закономерности влияния кобальта на организм рыбы, мы провели опыты по выяснению действия кобальта на рост и обмен веществ у карпа [39, 40], на морфологическую картину крови карпа [42], а также по выяснению закономерностей обмена кобальта в организме карпов [41].

Настоящая статья посвящается вопросам действия кобальта на некоторые гематологические показатели карпа, так как ранее были сообщены лишь предварительные данные.

Влияние кобальта на кроветворение изучали многие исследователи на целом ряде животных.

Еще в 1932 г. J. M. Orten и F. A. Underhill [48] заметили, что при введении крысам кобальта количество эритроцитов повышается с 8,5 до 14,5 млн. в 1 мм³ крови, а количество гемоглобина — с 13 до 18—19 г в 100 см³ крови. У животных, получавших кобальт, кровь становилась ярко-красной, быстро свертывалась, но общее количество крови не увеличивалось, т. е. наблюдалась истинная полицитемия.

Опыты J. M. Orten и F. A. Underhill на крысах были подтверждены в последнее время А. Е. Лещинской [22]. По ее данным, при потреблении хлористого кобальта количество эритроцитов в 1 мм³ крови крыс увеличивалось с 6,9 до 7,8 млн., а содержание гемоглобина — с 77,8 до 89,4—96,2%.

Опыты по влиянию кобальта на морфологическую картину крови грызунов проводили Valerio [50] на морских свинках, у которых при

получении CoSO_4 количество эритроцитов увеличивалось на 55—75%, лейкоцитов — на 50—60%, А. О. Войнар [8] на морских свинках, а также А. С. Солун и П. С. Ройзман [36] на пуховых кроликах, у которых при получении CoCl_2 содержание гемоглобина увеличивалось на 3—20%, количество эритроцитов — на 3—30%, а количество лейкоцитов снижалось на 7—14%. Опыты на кроликах были повторены Н. И. Давыдовым и И. Г. Дружининой [14] и дали аналогичные результаты.

При скармливании кобальта птицам, в частности курам, были получены противоречивые данные. Так, А. О. Войнар [8] приводит данные об уменьшении количества эритроцитов и постоянстве содержания гемоглобина при введении кобальта курам. Такие же результаты получили Ф. Я. Беренштейн, М. К. Тищенко и Н. М. Шкляр [3] и позднее К. Н. Dunkel [47].

Противоположные результаты в опытах с цыплятами получили Я. М. Берзинь, Я. Я. Розенбах [6], а также К. С. Обенко и А. П. Антонов [31]. В их опытах количество эритроцитов и содержание гемоглобина у подопытных животных возрастало при добавлении к корму кобальта. По наблюдениям W. Dabrowska и L. Zebrowski [46], скорость кроветворной реакции у цыплят возрастает уже через 14 час. после начала подкормки их кобальтом.

У гусей, получавших кобальт, содержание эритроцитов и гемоглобина в крови возрастало в среднем на 6% [26].

Аналогичное влияние кобальта на морфологическую картину крови (повышение содержания гемоглобина и увеличение числа эритроцитов) наблюдалось и у других животных: у лягушек [8], поросят [44, 13, 15, 38, 43, 12], взрослых свиней [27, 21], телят [7, 37, 49], овец [19, 9, 28, 35, 29], собак и крупного рогатого скота [8].

Так, по данным С. Н. Хохрина, после четырехмесячного подкармливания поросят кобальтом содержание гемоглобина в крови повысилось на 54%, а количество эритроцитов — на 12,7%.

М. И. Всяких [9] показала, что при подкормке овец неорганическим кобальтом в течение первого месяца у опытных животных резко возрастает количество эритроцитов (до 9 млн. вместо 6,4 млн. в 1 мм^3 крови у контрольных животных), повышается содержание гемоглобина (до 52 вместо 38% у контрольных животных) и снижается количество лейкоцитов (до 7,8 тыс. в 1 мм^3 крови по сравнению с 11,2 тыс. у контрольных).

При введении определенных доз кобальта у человека также наблюдается полицитемия [8].

Проводились также более подробные биохимические исследования действия кобальта на кровь животных. Так, Ф. Я. Беренштейн и М. И. Школьник [4] показали, что кобальт способен изменять содержание сахара в крови, а также влиять на активность каталазы крови.

И. С. Шутов [45], изучая влияние кобальта на телят, подтвердил эти данные: в их крови повышалось содержание сахара и ускорялось снижение гликемических кривых при экспериментальных сахарных нагрузках.

Влияние кобальта на содержание сахара в крови изучали В. В. Ковальский и М. И. Рамбиди [18]. Они пришли к выводу, что уровень сахара в крови под действием кобальта снижается, если до этого у животных были выражены явления кобальтовой недостаточности. Авторы подчеркивают необходимость учета потребности животного в кобальте при изучении данного вопроса.

Представляет несомненный интерес изучение влияния кобальта на активность некоторых ферментов крови, так как кобальт характеризуется большой биологической активностью. Исследования в этой обла-

сти проведены М. М. Кичиной [16], которая изучала влияние кобальта на активность некоторых ферментов крови у собак и кроликов. Кобальт угнетал активность щелочной фосфатазы и холинэстеразы в сыворотке крови, а активность карбоангидразы при действии кобальта несколько увеличивалась.

Механизм гемопоэтической функции кобальта до сих пор остается неясным.

По мнению L. Weissbecker [51], кобальт вызывает двухфазную полиглобулию: сначала происходит мобилизация эритроцитов из кровяных депо, а затем наступает истинное эритроцитобразование. По данным этого автора, несмотря на увеличение количества гемоглобина при введении кобальта, способность гемоглобина связывать кислород значительно снижается, так как атом железа в нем заменяется кобальтом. Однако этот вопрос еще далеко не решен.

Опыты В. В. Ковальского и Ю. И. Раецкой [20] показали, что введение кобальта в глобин гемоглобина человека и животных может повысить кислородную емкость гемоглобина.

После введения животным кобальта в красном костном мозгу увеличивается количество молодых форм эритроцитов и возрастает число митозов [8].

Интересные данные по влиянию кобальта на эритропоэз при экспериментальных анемиях приводит Н. Б. Насельский [30]. По его данным, кобальт является мощным стимулятором эритропоэза: под влиянием неорганических соединений кобальта срок регенерации эритроцитов, гемоглобина и железа сокращается вдвое. При подкожном введении кобальта в красном костном мозгу все время обнаруживается увеличение количества молодых форм эритроцитов.

Итак, кобальт является мощным регулятором эритропоэза благодаря прямому усилению цитопоэтической функции костного мозга. Кобальт также стимулирует синтез гемоглобина и повышает усвоение доступного железа [8].

Как видно из изложенного, влияние кобальта на кроветворение является наиболее важной и интересной стороной биологического действия этого микроэлемента на организм животных.

Наши опыты по выяснению влияния кобальта на некоторые гематологические показатели карпа имели теоретический и практический интерес. С одной стороны, влияние кобальта на рыб до нас никто не изучал, поэтому полученные данные представляют несомненный интерес с точки зрения сравнительной физиологии. С другой стороны, изменение гематологических показателей карпа с целью повышения жизнестойкости молоди и устойчивости ее к различным заболеваниям имеет огромное значение в рыбоводной практике.

Опыты проводили в искусственных и естественных условиях — в аквариумах во ВНИРО и в выростных прудах рыбопитомника «Лопасня».

В аквариальных условиях было проведено два специальных опыта продолжительностью три месяца. Кроме того, анализировали гематологические показатели в конце опытов по выращиванию в аквариумах, а также в выростных прудах рыбопитомника «Лопасня». Изучали влияние кобальта на изменение содержания в крови гемоглобина, количества форменных элементов, на состав лейкоцитарной формулы.

В аквариумах сеголетков кормили подсолнечниковым жмыхом, без добавления личинок хирономид, чтобы максимально уменьшить количество кобальта, поступающего с кормами в организм рыбы. Раствор хлористого кобальта поступал в тело рыб непосредственно из воды или со **ЖМЫХОМ**.

За изменением некоторых гематологических показателей карпа в аквариальных условиях наблюдали еженедельно (опыт 22 ноября—27 декабря 1956 г.) и два раза в неделю (опыт 24 мая—2 июля 1957 г.), средние данные вычисляли по двум рыбам в первом опыте и по пяти — во втором.

Содержание гемоглобина определяли при помощи гемометра Сали, форменные элементы крови подсчитывали в счетной камере Тома. Перед подсчетом кровь окрашивали витальными красками по методике, описанной Г. Г. Голодец [10]. Мазки крови фиксировали метиловым спиртом и окрашивали азур-эозином по Гимза-Романовскому.

В опытах первой серии мы выясняли действие кобальта, проникающего в тело рыбы с кормом, на гематологические показатели карпа.

С 22 ноября по 27 декабря 1956 г. сеголетки карпа весом 5 г находились в непроточных аквариумах при температуре воды 13°. К подсолнечниковому жмыху, которым кормили рыбу, добавляли раствор хлористого кобальта из расчета 0,8 и 0,08 мг на 1 кг рыбы в сутки. Данные этого опыта приведены в табл. 1, из которой видно, что при введении кобальта в организм с кормами повышается процентное содержание гемоглобина, увеличивается количество эритроцитов и уменьшается количество лейкоцитов по сравнению с контролем. Данных по общему объему крови в организме опытных рыб, к сожалению, нет. Однако если учесть, что, согласно химическому анализу, в теле опытной молодежи снижается количество влаги, то можно предположить, что в данном случае наблюдается «истинное» полнокровие, т. е. увеличение количества эритроцитов без увеличения объема крови в организме.

Таблица 1

Дата анализа	Содержание эритроцитов и лейкоцитов в 1 мм ³ крови и гемоглобина в % при концентрации кобальта в корме в мг на 1 кг рыбы в день								
	контроль			0,8			0,08		
	эритроциты	лейкоциты	гемоглобин	эритроциты	лейкоциты	гемоглобин	эритроциты	лейкоциты	гемоглобин
22/XI	2 000 000	20 000	39	2 000 000	20 000	39	2 000 000	20 000	39
29/XI	1 600 000	10 000	42	2 160 000	10 000	48	1 720 000	15 000	47
7/XII	840 000	30 000	28	1 800 000	20 000	36	2 320 000	15 000	34
13/XII	500 000	300 000	35	1 490 000	15 000	46	2 220 000	5 000	50
20/XII	400 000	200 000	30	—	—	—	2 160 000	10 000	45
27/XII	1 140 000	218 000	40	500 000	340 000	50	1 240 000	12 500	52

У контрольной молодежи, не получавшей кобальта, гематологические показатели к концу опыта ухудшились, в частности наблюдался лейкоцитоз. Это, очевидно, можно объяснить ухудшением условий содержания рыбы в опыте, так как ее пересадили в непроточные аквариумы и перестали давать живой корм. Кроме того, в полости тела опытных и контрольных рыб были обнаружены гельминты, присутствие которых не могло не сказаться на гематологических показателях. Однако даже этот факт не затемнил положительного действия кобальта на морфологическую картину крови молодежи.

Различные дозы кобальта по-разному влияют на гематологические показатели молодежи. Из испытанных доз более эффективна доза в 0,08 мг на 1 кг живого веса рыбы в сутки. Такая же закономерность наблюдалась в действии кобальта на рост молодежи карпа.

Повторный опыт был проведен с большим количеством рыбы и в несколько лучших условиях. Годовики карпа, привезенные из рыбхоза осенью, перезимовали в аквариальных условиях. Опыт проводили в трех просторных проточных аквариумах: один служил контролем, во второй и третий вместе с жмыхом добавляли кобальт в концентрации 0,08 мг на 1 кг рыбы в сутки. Температуру воды поддерживали в пределах 17°, содержание кислорода составляло 9 мг/л. Как указывалось выше, кровь опытных и контрольных рыб исследовали два раза в неделю, средние данные вычисляли по 5 рыбам. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Дата анализа	Содержание эритроцитов и лейкоцитов в 1 мм ³ крови и гемоглобина в % в аквариумах								
	1			2			3		
	эритроциты	лейкоциты	гемоглобин	эритроциты	лейкоциты	гемоглобин	эритроциты	лейкоциты	гемоглобин
24/V	912 880	321 220	40	912 880	321 220	40	912 880	321 220	40
7/VI	704 000	134 800	35	1 816 000	25 400	38	1 332 000	127 000	35
12/VI	520 000	72 000	35	1 898 000	9 000	35	1 944 000	10 000	38
15/VI	686 000	139 000	38	1 944 000	6 000	42	1 864 000	9 000	37
19/VI	840 000	118 000	40	1 808 000	20 000	43	2 288 000	4 000	41
22/VI	1 128 000	92 000	36	2 541 000	18 000	40	1 328 000	18 000	37
26/VI	408 000	462 000	37	1 432 000	55 000	39	1 992 000	8 000	41
29/VI	472 000	181 000	45	888 000	96 000	46	1 520 000	11 000	44
2/VII	550 000	445 000	40	1 106 000	31 000	42	1 800 000	6 000	42

Влияние кобальта начинает сказываться на гематологических показателях годовиков довольно быстро. Уже в течение двух недель кормления рыбы кобальтом в крови вдвое увеличилось количество эритроцитов, повысилось процентное содержание гемоглобина, снизилось количество лейкоцитов. В дальнейшем разница в картине крови у опытных и контрольных рыб стала более значительной, особенно при сравнении количества лейкоцитов. В крови опытных рыб лейкоцитов содержалось в среднем 10 000, иногда эта цифра снижалась до 4000, а у контрольных особей в 1 мм³ крови насчитывалось до 462 000 лейкоцитов, т. е. наблюдалась картина, близкая к лейкоцитозу.

Гематологические показатели контрольных рыб колебались в пределах исходных величин.

Чтобы проверить длительность действия кобальта на гематологические показатели карпа в аквариальных условиях, мы прекратили добавлять кобальт во второй аквариум с 19 июня. В связи с этим в крови молоди через неделю несколько снизилось количество эритроцитов и повысилось количество лейкоцитов по сравнению с молодью, продолжавшей получать кобальт. Однако по сравнению с контрольными рыбами у рыб из второго аквариума, получавших кобальт до 19 июня, количество эритроцитов было более высоким, а лейкоцитов, наоборот, было меньше. Действие кобальта продолжало сказываться на гематологических показателях карпа до конца опыта, т. е. в течение полумесяца.

Итак, кобальт, вводимый в организм рыбы вместе с кормом, оказывает влияние на гематологические показатели карпов, увеличивая содержание в крови эритроцитов и гемоглобина и снижая количество лейкоцитов. Действие кобальта на кровь сказывается довольно быстро и сохраняется в аквариальных условиях достаточно долго.

Задача следующей серии опытов — изучение влияния кобальта, проникающего в тело рыбы непосредственно из воды, на гематологические показатели карпа. Было проведено два опыта при температуре 13 и 22° и концентрации кобальта в мг/л: 0,73; 3,66; 7,33; 73,3. Для контроля брали обычную водопроводную воду. В конце опыта у пяти рыб определяли количество форменных элементов и гемоглобина.

Результаты двух опытов по определению содержания гемоглобина и форменных элементов в крови опытной и контрольной рыбы характеризуются данными, приведенными на рис. 1 и 2.

При сравнении рисунков видно, что кобальт, проникающий в тело рыбы из воды, способствует увеличению содержания в крови гемоглобина и эритроцитов. В первом опыте эффект действия кобальта несколько выше, чем во втором, так как рыба находилась в лучших условиях.

Действие разных концентраций кобальта на кровь рыбы неодинаково. При концентрации его в воде 0,73; 3,66 и 7,33 мг/л содержание гемоглобина в крови опытных рыб увеличивается, а при концентрации 73,3 мг/л, которая соответствует в 100 раз увеличенной природной концентрации, наоборот, уменьшается.

По действию на «красную» кровь рыб оптимальной является концентрация 3,66 мг/л.

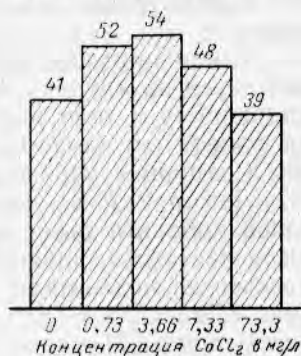


Рис. 1. Содержание гемоглобина в % при различных концентрациях кобальта в воде и температуре 22°.

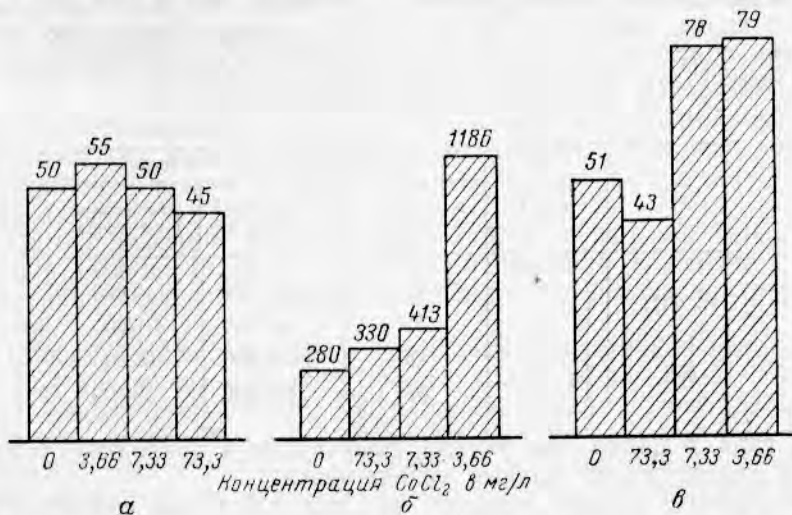


Рис. 2. Морфологическая картина крови карпов при различном содержании кобальта в воде и температуре 13°:

а — содержание гемоглобина в %; б — количество эритроцитов в тыс. в 1 мм³ крови; в — количество лейкоцитов в тыс. в 1 мм³ крови.

Несколько иная картина по сравнению с другими опытами наблюдается при влиянии кобальта на количество лейкоцитов в крови опытных рыб. Кобальт, как видно из рис. 2, не уменьшает количество лейкоцитов в крови подопытных рыб, как это наблюдалось в предыдущих опытах, а, наоборот, увеличивает, за исключением концентрации 73,3 мг/л. Это, очевидно, можно объяснить тем, что мы исследовали рыбу, зараженную гельминтами. Так как кровь анализировали в кон-

це опыта, после месячного подкармливания рыб кобальтом, то были получены только конечные результаты, когда количество лейкоцитов увеличилось. Возможно, что под действием кобальта количество лейкоцитов первоначально снизилось, но к концу опыта снова повысилось, так как из дальнейших опытов стало ясно, что кобальт не угнетает лейкопоэза, а, наоборот, стимулирует его в случае заболевания рыб.

Концентрация 73,3 мг/л снижает гематологические показатели карпа.

Таким образом, кобальт, проникающий в организм рыбы из воды, действует на «красную» кровь молоди карпа аналогично кобальту, попадающему в тело рыбы вместе с кормом. Относительно «белой» крови вопрос остается открытым, но можно предположить, что действие его в данном случае тоже аналогично.

Летом 1957 г. экспериментальные данные по действию на карпа солей кобальта были проверены в производственных условиях. Изучали, в частности, влияние кобальта, добавляемого с кормом, на гематологические показатели молоди карпа. Опыты проводили в рыбопитомнике «Лопасня» в двух выростных прудах площадью 0,1 га каждый.

В пруды 21 мая с десятикратной плотностью посадили десятидневных личинок карпа средним весом 38 мг. С середины июня молодь в прудах начали подкармливать кормовой смесью из куколки тутового шелкопряда (30%), горчичного жмыха (30%) и измельченной в пасту ряски (40%). В дальнейшем ряску исключили из рациона. В пруд № 5, который служил контролем, вносили кормовую смесь без примеси кобальта, в опытном пруду № 4 к кормовой смеси добавляли раствор хлористого кобальта из расчета 0,08 мг на 1 кг рыбы в день.

За молодью вели постоянные наблюдения, гематологические показатели молоди исследовали два раза в течение лета: в середине (16 августа) и конце опыта (8 октября). Подсчитывали форменные элементы крови, определяли содержание гемоглобина и лейкоцитарную формулу. Результаты наблюдений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Дата	Номер пруда	Морфологическая картина крови		
		гемоглобин в %	эритроциты в 1 мм ³ крови	лейкоциты в 1 мм ³ крови
16/VIII	{ 4	40	1 966 000	13 000
	{ 5	36	580 000	310 000
8/X	{ 4	48	1 270 000	66 500
	{ 5	38	464 000	53 000

Из табл. 3 видно, что данные, полученные в природных условиях, целиком подтверждают данные эксперимента.

Уже первый анализ показал, что под действием солей кобальта примерно втрое увеличивается количество эритроцитов крови, повышается процентное содержание гемоглобина, снижается количество лейкоцитов. Такие же результаты были получены в конце вегетационного периода.

Надо отметить резкую разницу в количестве лейкоцитов в крови опытных и контрольных рыб. У опытных рыб оно было ниже нормы, известной для карпа, у контрольных — намного выше. Для опытных рыб это явилось отражением специфического действия кобальта, а для контрольных — реакцией на плохой гидрологический режим в пруду в это время. Надо добавить, что в августе в контрольном пруду молодь начинает поражаться триходиной, что также влияет на количество лейкоцитов в крови.

Некоторые авторы склонны расценивать снижение количества лейкоцитов как отрицательное явление в связи с тем, что это якобы снижает стойкость животного к различным заболеваниям. Однако наши опыты заставляют оценить этот факт с другой точки зрения. Кобальт способствует снижению количества лейкоцитов в здоровом организме, не тормозя, однако, быстрого восстановления нормального числа их в случае угрозы заболевания. Так, если 16 августа, когда рыба была здорова, у нее насчитывалось всего 13 тыс. лейкоцитов в 1 мм³ крови, то 8 октября, когда наблюдалось поражение триходиной и сангвиниколой, количество лейкоцитов возросло до 66,5 тыс. в 1 мм³ крови, т. е. достигло нормы.

По наблюдениям Г. Г. Голодец [11], состав крови изменяется при воздействии на организм различных экологических факторов, при введении в организм болезнетворных агентов, при изменении характера питания и т. п. Так, ухудшение условий питания, голодание, паразитарные заболевания вызывают уменьшение количества красных кровяных телец, гемоглобина, а также изменение лейкоцитарной формулы.

П. С. Антипова [1] установила, что в крови карпа во все периоды жизни преобладают лимфоциты, в меньшем количестве встречаются моноциты, затем полиморфноядерные, незначительно количество нейтрофилов и эозинофилов, причем нейтрофилы — только у карпов с годовалого возраста, а эозинофилы — с двухлетнего. В период нереста количество лимфоцитов в крови карпа значительно снижается, а количество моноцитов и полиморфноядерных возрастает. У неполовозрелых особей карпа весной наблюдаются те же изменения, что и у взрослых. По данным П. С. Антиповой [2], лейкоцитарная формула крови карпа изменяется даже под влиянием длины светового дня: увеличивается количество активных фагоцитов (моноцитов и полиморфноядерных).

Лейкоцитарная формула крови рыб, по наблюдениям многих исследователей, меняется в зависимости от действия различных факторов и хорошо отражает физиологическое состояние рыбы. Так, Г. Г. Голодец [10] отмечает, что сдвиг в лейкоцитарной формуле крови у карпа происходит при изменении условий содержания. У карпов, обитающих в аквариуме и в естественном водоеме, лейкоцитарная формула крови неодинакова.

По наблюдениям Н. В. Пучкова и А. Л. Федоровой [33], при голодании в течение 20 дней у карпов уменьшается количество лейкоцитов, а при охлаждении значительно снижается фагоцитарная сила лейкоцитов.

Особенно сильно меняется состав лейкоцитарной формулы крови рыб при различных инвазиях. Так, по наблюдениям Э. М. Ляймана и А. Ю. Шполянской [24, 25, 23], при краснухе у карпов увеличивается количество нейтрофилов (в 10 раз по сравнению с нормой) в первый период болезни и количество моноцитов и полиморфноядерных — на стадии вскрытия язв; при чернильном заболевании карпа наблюдается сильный моноцитоз и увеличение числа нейтрофилов; при лигулезе значительно увеличивается количество полиморфноядерных и моноцитов, при лернеозе — количество моноцитов и полиморфноядерных.

В опытах В. М. Раковой [34] у орфы при заражении ее метацеркарием наблюдалось увеличение моноцитов в 3 раза, нейтрофилов — в 2 раза, полиморфноядерных — в 6 раз по сравнению с нормой.

Интересны данные ряда исследователей о функциональном значении различных видов белых кровяных телец рыб. По данным П. С. Антиповой [2] и Э. М. Ляймана и А. Ю. Шполянской [24], моноциты и полиморфноядерные являются активными фагоцитами, нейтрофилы обладают секреторной функцией, выделяя вещества, способные растворять фильтрующиеся вирусы.

В последнее время [32] было открыто еще одно проявление физиологической деятельности лейкоцитов — их участие в процессах овуляции и пищеварения. На стенках кишечника карпа в слизи было обнаружено большое количество лейкоцитов, главным образом типа лимфоцитов, моноцитов и нейтрофилов. Обнаружена способность различного рода лейкоцитов (моноциты, лимфоциты, полиморфноядерные, нейтрофилы) поглощать жир. Лейкоциты принимают участие также в овуляции, выделяя ферменты, которые растворяют оболочки яиц.

Как видно из приведенных литературных данных, лейкоцитарная формула крови рыб четко отражает малейшее изменение физиологического состояния животного. Поэтому опыты по действию кобальта на состав лейкоцитарной формулы крови карпов представляли большой интерес.

Данные этих опытов приведены в табл. 4, 5, 6.

Таблица 4

Дата	Состав лейкоцитарной формулы в % под действием кобальта, вводимого в тело карпа с кормом, в аквариумах											
	1				2				3			
	лимфоциты	моноциты	полиморфно-ядерные	нейтрофилы	лимфоциты	моноциты	полиморфно-ядерные	нейтрофилы	лимфоциты	моноциты	полиморфно-ядерные	нейтрофилы
24/V	90,8	8,6	0,6	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—
7/VI	89,4	9,5	0,5	0,6	89,1	9,8	0,9	0,2	91,8	7,8	0,4	0,0
12/VI	90,2	8,0	1,0	0,8	85,4	12,2	0,6	1,8	85,6	11,8	1,4	1,4
15/VI	92,6	6,6	0,8	0,0	91,4	7,2	1,0	0,4	89,4	9,0	1,2	0,4
19/VI	92,0	5,8	0,8	1,6	90,4	7,6	0,2	1,8	90,6	8,4	0,6	0,4
22/VI	89,5	9,0	0,2	1,3	90,8	8,4	0,4	0,4	88,4	9,0	0,8	1,8
26/VI	92,0	6,1	0,5	1,4	91,8	6,4	0,6	1,2	90,4	6,6	1,0	2,0
29/VI	92,8	6,2	0,0	1,0	91,8	4,3	1,1	2,8	91,6	6,0	0,6	1,6
2/VII	92,4	3,8	0,8	3,0	89,5	7,7	1,0	1,8	91,1	6,5	0,2	2,2

Таблица 5

Концентрация кобальта в воде в мг/л	Лейкоцитарная формула в %			
	лимфоциты	моноциты	полиморфно-ядерные	нейтрофилы
0	96,5	2,5	0,3	0,6
3,66	90,6	4,8	1,1	3,3
7,33	93,5	5,6	0,5	0,3
73,3	96,8	2,1	0,3	0,6

Таблица 6

Дата	Номер пруда	Лейкоцитарная формула в %			
		лимфоциты	моноциты	полиморфно-ядерные	нейтрофилы
16/VIII	4	94,1	4,1	0,6	1,1
	5 (контроль)	89,4	8,45	0,1	2,05
8/X	4	89,0	8,0	1,0	2,0
	5 (контроль)	83,0	10,9	2,2	3,8

Как видно из табл. 4, уже после двухнедельного кормления карпа кормом с добавлением кобальта (аквариумы № 2 и 3) лейкоцитарная формула крови заметно изменяется.

В первую очередь это отражается на процентном соотношении лимфоцитов и моноцитов: снижается количество лимфоцитов и увеличивается число моноцитов. Прекращение добавления кобальта в один из аквариумов (№ 2) сразу же отражается на составе лейкоцитарной формулы: снова возрастает количество лимфоцитов и уменьшается количество моноцитов, в то время как у рыб, продолжающих получать кобальт, сохраняется прежняя закономерность, т. е. продолжает уменьшаться количество лимфоцитов и увеличивается количество моноцитов.

Кобальт действует также на другие компоненты лейкоцитарной формулы, в частности на нейтрофилы и полиморфноядерные агранулоциты, но по отношению к последним это действие проявляется менее четко. Из табл. 4 видно, что кобальт способствует увеличению числа нейтрофилов в крови рыб. При прекращении дачи рыбам кобальта сразу же снижается количество нейтрофилов, которое наблюдалось раньше. К концу опыта проявляется тенденция к увеличению полиморфноядерных в крови рыб, получающих кобальт.

Итак, очень важная сторона действия кобальта на морфологический состав «белой» крови рыб заключается в следующем. Снижая на время общее количество лейкоцитов, кобальт в то же время способствует увеличению количества фагоцитирующих (моноциты и полиморфноядерные) и секретирующих (нейтрофилы) элементов «белой» крови. Последнее очень важно, так как при угрозе заболевания у рыб, получавших кобальт, имеется большая возможность активной борьбы с болезненным началом в организме, чем у рыб, не получавших кобальта.

Аналогичное действие на состав лейкоцитарной формулы крови карпа оказывает кобальт, поступающий в тело рыбы из воды (табл. 5). При концентрации кобальта 3,66 и 7,33 мг/л понижается количество лимфоцитов, увеличивается количество моноцитов, нейтрофилов и полиморфноядерных агранулоцитов. Концентрация кобальта 73,3 мг/л в данном опыте почти не оказывает влияния на кровь по сравнению с контролем; происходит лишь некоторое снижение количества моноцитов и увеличение количества лимфоцитов, т. е. эта концентрация оказывает действие, обратное действию оптимальных концентраций кобальта в этом же опыте.

В производственных условиях действие кобальта на лейкоцитарную формулу крови проявляется менее специфично, так как летом 1957 г. на рыб оказывал влияние другой, более сильный фактор—заболевание. В обоих анализах (табл. 6) лейкоцитарная формула крови опытных рыб, получавших кобальт, соответствует норме, известной для здоровых рыб; лишь 8 октября, когда среди рыб встречались заболевшие, количество нейтрофилов в крови опытных рыб несколько повышается. Лейкоцитарная формула крови контрольных рыб отличалась от нормальной, особенно 8 октября, когда рыбы были сильно поражены триходиной: повышенным было содержание моноцитов и нейтрофилов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кобальт положительно действует на морфологический состав крови карпов. При введении кобальта в организм повышается количество эритроцитов и процентное содержание гемоглобина, снижается количество лейкоцитов, но не тормозится, однако, способность организма увеличивать их количество в случае необходимости. Специфичное действие кобальта на белые кровяные тельца проявляется в увеличении

числа активно фагоцитирующих лейкоцитов (моноциты и полиморфноядерные) и лейкоцитов, способных к секреторной функции (нейтрофилы).

Все это способствует усилению сопротивляемости организма к различным заболеваниям и улучшению общего физиологического состояния рыбы.

Таким образом, применение кобальта в практике рыбоводных хозяйств будет иметь большое значение для получения доброкачественного посадочного материала и подготовки молоди к зиме.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Антипова П. С., Изменение крови рыб в связи с возрастом и некоторыми экологическими условиями, Автореферат диссертации, Мосрыбвтуз, М., 1948.
2. Антипова П. С., Влияние света на развитие гонад и лейкоцитарный состав крови рыб, Труды Мосрыбвтуза, вып. 4, Пищепромиздат, 1951.
3. Беренштейн Ф. Я., Тищенко М. К., Шкляр Н. М., К вопросу о влиянии солей марганца, кобальта, цинка и алюминия на организм птиц, «Физиологический журнал СССР», 1935, т. XIX, вып. 4.
4. Беренштейн Ф. Я., Школьник М. И., О биологической роли солей элементов, находящихся в организме в минимальных количествах, Сообщение 3 «К вопросу о влиянии солей никеля и кобальта на содержание сахара в крови», «Физиологический журнал СССР», 1935, т. XIX, вып. 4.
5. Берзин Я. М., Значение солей кобальта и меди в кормлении сельскохозяйственных животных, Автореферат диссертации, Рига, 1950.
6. Берзин Я. М., Розенбах Я. Я., Роль солей кобальта, меди, марганца и цинка в питании цыплят, Труды Института зоотехники и зооигиены, т. 4, Рига, 1953.
7. Богданов Г. А., Використання мікроелементів в при годівлі телят, «Соц. тваринництво», 1957, № 7.
8. Войнар А. О., Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека, «Советская наука», 1953.
9. Всяких М. И., Влияние подкормки кобальтом на состав крови у овец, Доклады ВАСХНИЛа, вып. 5, 1953.
10. Голодец Г. Г., О морфологической картине крови некоторых рыб, Труды Мосрыбвтуза, вып. 2, Пищепромиздат, 1940.
11. Голодец Г. Г., Состав крови выращиваемой молоди осетра, леща и судака, «Вопросы ихтиологии», вып. 2, 1954.
12. Горб Т. В., Белоусов Б. М., Вилив кобальту на ріст поросят, «Соц. тваринництво», 1957, № 4.
13. Грожевская С. Б., О влиянии некоторых микроэлементов на морфологический состав красной крови и рост поросят-сосунов, Труды Молдавского сельскохозяйственного института, т. 14, Кишинев, 1954.
14. Давыдов Н. И., Дружинина И. Г., Влияние различных доз кобальта на содержание в крови эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина, Сб. научных работ Рязанского с.-х. института, вып. 6, Рязань, 1958.
15. Казанцев В. К., Опыт применения кобальта и меди для стимуляции роста и развития поросят, Сб. научных студенческих работ Ставропольского сельскохозяйственного института, № 4, Ставрополь, 1956.
16. Кичина М. М., Влияние кобальта на активность некоторых ферментов крови животных, Ученые записки Витебского ветеринарного института, т. 15, 1957.
17. Ковальский В. В., Значение кобальта для животного организма, в сб. «Микроэлементы в жизни растений и животных», АН СССР, 1952.
18. Ковальский В. В., Рамбиди М. И., Влияние кобальта на углеводный обмен у овец, Доклады ВАСХНИЛа, вып. 11, 1958.
19. Ковальский В. В., Чебаевская В. С., Значение кобальта в питании романовской овцы, Доклады ВАСХНИЛа, вып. 2, т. 14, 1949.
20. Ковальский В. В., Шергин Н. П., Раецкая Ю. И., Гололобов А. Д., Рамбиди М. И., Чебаевская В. С., Значение кобальта в кормлении сельскохозяйственных животных, Бюллетень научно-технической информации, ВИЖ, № 1, 1956.
21. Кукенис Д. П., Влияние кобальта хлорида на рост и некоторые физиологические показатели свиней и телят, Научные труды Литовской сельскохозяйственной академии, т. 4, 1958.
22. Лещинская Е. А. Е., Сравнительное влияние витамина В₁₂, сапропеля и соли кобальта на рост и некоторые показатели крови у молодых крыс, Труды АН Литовской ССР, серия Б, 1 (17), 1959.
23. Ляйман Э. М., Изменение лейкоцитарной формулы крови рыб и ранняя диагностика заболеваний, Труды Мосрыбвтуза, вып. VII, Пищепромиздат, 1955.

24. Ляйман Э. М., Шполянская А. Ю., Некоторые новые данные по клинике и эпизоотологии краснухи карпов, «Рыбное хозяйство», 1949, № 4.
25. Ляйман Э. М., Шполянская А. Ю., Изменение лейкоцитарной формулы крови карпов при хронической форме краснухи и использование ее для диагностики заболевания, Труды Мосрыбвтуза, вып. 4, Пищепромиздат, 1951.
26. Малайшкайте Б. С., Физиологическая роль кобальта в организме гусей и влияние его на их продуктивность, Автореферат диссертации, Вильнюс, 1959.
27. Малайшкайте Б. С., Шуонайтите Г. Ю., Влияние кобальта на некоторые физиологические особенности животных, Тезисы докладов конференции по вопросам физиологии сельскохозяйственных животных в Байсогала, 1956.
28. Морозов С. Д., Савчицкая С. С., Применение хлористого кобальта в кормлении сельскохозяйственных животных в Киргизии, Сб. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине», Рига, 1956.
29. Наркевичус И. Б., Изучение влияния кобальта на продуктивные качества и некоторые физиологические показатели у овец в условиях Литовской ССР, Труды Литовской ветеринарной академии, т. 4, Вильнюс, 1958.
30. Насельский Н. Б., Влияние минеральных и органических соединений кобальта и никеля на регенерацию форменных элементов крови при экспериментальных анемиях от кровопотерь, Сб. «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине», Рига, 1956.
31. Обенко К. С., Антонов А. П., Применение кобальта при выращивании цыплят, «Птицеводство», 1956, № 11.
32. Пучков Н. В., Роль лейкоцитов в пищеварении и процессах овуляции рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
33. Пучков Н. В., Федорова А. Л., Исследование изменения состава крови карпов под влиянием голодания и охлаждения, Труды Мосрыбвтуза, вып. 4, Пищепромиздат, 1951.
34. Ракова В. М., Изменение лейкоцитарной формулы крови язя и орфы при инвазиях, Труды Мосрыбвтуза, вып. 7, Пищепромиздат, 1955.
35. Сидорова С. Г., Стимуляторы повышения продуктивности овец, «Сельское хозяйство Северного Кавказа», 1958, № 4.
36. Солун А. С., Ройзман П. С., Роль кобальта при кормлении пуховых кроликов, Труды Московской ветеринарной академии, т. 11, Сельхозгиз, 1956.
37. Степанов И. А., Некоторые данные о воздействии кобальта и рыбьего жира на организм телят, «Животноводство», 1957, № 9.
38. Фиев В. Д., Влияние микроэлементов на живой вес и содержание гемоглобина в крови поросят, Сборник научных студенческих работ Ставропольского сельскохозяйственного института, вып. 4, Ставрополь, 1956.
39. Фролова Л. К., Влияние неорганического кобальта на рост и обмен веществ у молоди карпа, Информационный сборник ВНИРО, № 1, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1957.
40. Фролова Л. К., Некоторые вопросы влияния неорганического кобальта на рост и обмен веществ молоди карпа. Информационный сборник ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
41. Фролова Л. К., Некоторые вопросы поведения радиоактивного кобальта в организме рыб, «Общая биология», 1960, т. 21, вып. 4.
42. Фролова Л. К., Влияние кобальта на морфологическую картину крови карпа, ДАН СССР, т. 131, № 4, 1960.
43. Хохрин С. Н., Изучение физиологической роли кобальта в организме свиней и влияние его на продуктивность, Известия отдела биологических наук АН Таджикской ССР, вып. 16, 1956.
44. Шергин Н. П., Влияние кобальта на обмен витамина В₁₂ у свиней и баранов, Труды ВИЖа, т. 21, Сельхозгиз, 1957.
45. Шутов И. С., Влияние хлористого кобальта и витамина А на уровень сахара крови, общее развитие здоровых и А-гиповитаминозных телят, Труды Ульяновского с.-х. ин-та, т. 5, вып. 1, Ульяновск, 1957.
46. Dabrowska W., Zebrowski L., Leziak K., Blonska J., Roczniki Nauk Rolniczych, Seria B, Zootechniczna, T. LX, v. 11, Nr. 2, 1954.
47. Dunkel K. H., Ist Kobaltfütterung bei Hühnern notwendig? Tierzucht, 11, N 8, 1957.
48. Orten J. M., Underhill F. A., Lewis R. C., Polycythemia in the rat on a milk-iron copper diet supplemented by cobalt, J. Biol. Chem., 96, 11, 1932.
49. Swenson M. J., Underbjerg, Bartley E. E., Jones W. G., Effect of trace mineral, aureomycin, and other supplements on certain hematologic values and organ weight of dairy calves, J. Dairy Sci., 40, n 12, 1957.
50. Valerio V., Studio sperimentale sull'azione emopoietica del cobalto, Nota I (Dati ematologici periferici quantitativi), Folia Medica, Napoli, ANNO XXXI, N 6, 1948.
51. Weissbecker L., Kobalt und Blutfarbstoff, Dtsch. Arch. klin. Med., 195, 446, 1948.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ФОСФОРНОГО ОБМЕНА У РЫБ*И. А. ШЕХАНОВА*

В практике рыбного хозяйства наблюдается такое явление, когда при выращивании в одинаковых условиях молоди одного вида рыб, полученной от одних и тех же производителей, одни особи отличаются весьма интенсивным весовым и линейным ростом, а другие, наоборот, растут значительно медленнее основной массы.

Настоящие исследования мы проводили с той целью, чтобы продыскать пути к разработке методики определения продуктивных и непродуктивных групп рыб. Такой путь мы стремились найти в особенностях фосфорного обмена у рыб с различной интенсивностью весового и линейного роста или у рыб в различном физиологическом состоянии. Эта методика необходима для отбраковки тугорослых особей от основной массы выращиваемой молоди, а также для подбора наиболее продуктивных производителей.

В предыдущих работах [8, 9] были подробно освещены некоторые стороны фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб, причем указывалось, что выделение фосфора из организма рыб изучено слабо, так как применяемая методика несовершенна. В то же время очевидно, что для получения исчерпывающих данных по фосфорному обмену характеристика процесса выделения фосфора из организма рыбы необходима.

В настоящей работе приводится разработанная нами методика изучения процесса выделения рыбой фосфора, а также некоторые данные об интенсивности этого процесса в зависимости от различных факторов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИИ

Материалом для опытов служили мальки и годовики чешуйчатого и зеркального карпов, полученные с подмосковного рыбоводного хозяйства «Нара» и лопасненских колхозных прудов. До опытов рыбу выдерживали в проточных аквариумах при температуре воды 14—18° и кормили личинками хирономид. Размер и вес подопытных годовиков карпа колебался от 7 до 11 см и от 6 до 25 г. Мальки были в среднем длиной около 3 см и весом 1,5—2,0 г.

В некоторых опытах исследовали верховок, пойманных в подмосковных прудах. Они в среднем были длиной 3—5 см, весом 1,5—3,0 г и находились на II—IV стадиях зрелости.

Опыты проводили в аквариальных банках или кристаллизаторах различного размера и объема, в зависимости от количества и размера подопытных рыб. Температуру воды в кристаллизаторах поддерживали на уровне 18—20°. Воду меняли ежедневно. Часть подопытных рыб содержали в аквариальной, подогревая воду в аквариуме до 20—22°. Кормом для всех подопытных рыб служили личинки хирономид и в некоторых случаях дафнии.

Методика введения в организм рыбы изотопа фосфора-32

При изучении различных сторон фосфорного обмена в качестве индикатора интенсивности процессов применяли радиоактивный изотоп фосфора-32 в виде водного раствора соли Na_2HPO_4 , который вводили в организм рыбы путем инъекции, через корм и воду.

Раствор соли вводили в организм рыбы путем инъекции. Годовикам карпа осторожно, стараясь не задеть внутренние органы, шприцем «Рекорд» с тонкой иглой вводили в брюшную полость по 0,05 мл раствора активностью 2,75 μCi (1 μCi дает $2,22 \cdot 10^6$ расп/мин.) на рыбу. Вводить раствор в спинную мышцу, как это делали в предыдущих опытах [9], оказалось нецелесообразным, так как в результате сокращения мышц часть раствора выливается и поэтому трудно точно учесть количество введенного препарата.

После инъекции ранку протирали ваткой и рыбу пускали в кристаллизатор с водой.

При введении в организм рыбы фосфора-32 через корм в чашку Коха помещали 50 г личинок хирономид и заливали 50 мл радиоактивного раствора активностью около 400 μCi . В этой среде личинки находились 2 суток, а затем их постепенно небольшими порциями скормливали подопытным рыбам, находившимся в аквариуме.

При введении фосфора-32 через воду приготавливали раствор активностью 250—300 $\mu\text{Ci}/\text{л}$ и концентрацией фосфора 0,7—1,5 мг/л. Раствор наливали в аквариальную банку и помещали в него рыбу из расчета 10—15 шт. на 1 л в зависимости от размера. Рыбу выдерживали в растворе 2 часа, аэрируя воду, затем сачком вынимали из раствора, тщательно промывали проточной водопроводной водой в течение 5 мин. и помещали в кристаллизаторы для дальнейших опытов.

Методика определения фосфора, выделенного рыбой

В наших предыдущих работах [7, 9] и в работах других исследователей [4] величину выделяемого рыбой фосфора определяли в основном косвенным путем—по изменению общего содержания радиоактивного фосфора в организме рыбы в течение определенного времени. Рыбу выдерживали в радиоактивном растворе, затем тщательно отмывали и помещали в аквариум или кристаллизатор с чистой водой. Постепенно часть рыбы анализировали. Пробы высушивали, растирали и в приготовленных препаратах подсчитывали число распадов в единицу времени. По снижению уровня активности тела рыб судили об интенсивности выделения фосфора. При таком способе исследования требуется много подопытного материала, а из-за индивидуальных отклонений в величине усвоенного радиоактивного фосфора у разных рыб получают лишь приближенные результаты.

Мы сделали попытку определить количество фосфора, выделяемого рыбами в воду, путем выпаривания пробы воды и последующей проверки сухого остатка на радиоактивность. Рыбу выдерживали в радиоактивном растворе, отмывали и помещали в аквариальные банки с определенным объемом воды.

В первом случае в 1 л воды сажали 3 годовика карпа. Пробы воды объемом 3 мл брали шприцем и осторожно по капельке переносили в латунную чашечку диаметром 12 мм и высотой 1,5 мм и выпаривали в сушильном шкафу при температуре 80—85° в течение 1,5 часа. Этот способ взятия пробы занимает очень много времени. Кроме того, он неточный, так как на исследование из 1 л воды берется всего 3 мл, т. е. 0,3%, поэтому вероятность ошибки очень большая.

Во втором случае исследовали всю воду (1 л) и выпаривали ее на водяной бане. Величину радиоактивности осадка проверяли непосред-

ственно на поверхности выпариваемой чашки шупом с торцовой трубкой Т-25-БФЛ. В случае однородности показателей в разных участках чашки можно было бы путем пересчета на всю внутреннюю поверхность чашки установить искомое количество радиоактивного фосфора, находившегося в 1 л пробы. Однако было обнаружено, что у дна осадка собирается больше и радиоактивность этого участка выше, чем стенок чашки. Из пяти исследований, проведенных последовательно, в среднем получили следующие величины:

в самом центре	$25 \times 16 + 14^2 = 52 - 25$ (фон) = 27 имп/мин.,
недалеко от центра	$11 \times 16 + 1^2 = 44 - 25$ (фон) = 19 имп/мин.,
около края чашки	$20 \times 16 + 0^2 = 32 - 25$ (фон) = 7 имп/мин.

Следовательно, определять радиоактивность путем пересчета на всю площадь оказалось невозможным. Учитывая, что процесс выпаривания такого большого количества воды очень длителен (около 12 час.) и на практике не может быть применен, мы не стали уточнять полученные данные, а отказались от такого способа исследования.

Tomiyama и др. [12, 13, 14] изучали выделение фосфора у рыбы, инъецированной в спинную мышцу, путем осаждения фосфатов из воды, в которой находились опытные рыбы. Осадок проверяли под счетчиком. Методику осаждения фосфора и способ приготовления препаратов авторы не указали.

Известно [2], что для лабораторного получения бесфосфатной воды используются соли железа, алюминия или магния, которые в щелочной среде способствуют переводу фосфатов из воды в осадок. Наилучшими коагулирующими свойствами обладают соли трехосновного железа. При этом получается осадок, наименее растворимый в воде. На 1 л воды следует брать 3 мл 1 N раствора соли трехосновного железа и 3 мл 1 N раствора едкого натра.

В ряде опытов мы проверили возможность осаждения фосфора из воды этим способом и пришли к заключению, что это наиболее удобный метод для изучения выделения рыбой фосфора. Исследовать можно большое количество воды, и получаемый осадок легко проверить счетчиком на присутствие радиоактивного фосфора. В качестве реактива применяли хлорное железо.

Прежде чем применять методику осаждения фосфатов в опытах для изучения выделения рыбой фосфора, надо было установить следующее: сколько получается осадка из определенного объема воды при равном количестве взятых реактивов и всегда ли эта величина постоянна; как полно осаждается фосфор при исчезающе малых его концентрациях в воде; как из полученного осадка приготовить препараты для последующего анализа их на радиоактивность.

Для решения первого вопроса мы брали в конические колбы по 1 л водопроводной воды, добавляли реактивы, тщательно перемешивали и оставляли на различное время (6, 24 и 48 час.), чтобы образовавшийся осадок осел на дно. Часть проб отфильтровывали сразу после добавления реактивов, но на это требуется много времени, так как через фильтр надо пропустить 1 л жидкости. Фильтры перед употреблением тщательно высушивали и взвешивали.

В результате опыта было установлено, что целесообразнее оставлять пробы на 24 часа. За это время осадок сравнительно плотно оседает на дно, поэтому можно предварительно слить лишнюю осадка жидкость. Фильтровать осадок можно через обычную воронку с фильтром «синяя лента» диаметром 9 см. Применять при фильтровании насос Камовского для ускорения процесса нельзя, так как при этом даже через самые плотные фильтры проходит часть осадка и, кроме того, бумажные фильтры часто рвутся.

Фильтры с осадком помещали в сушильный шкаф на 24 часа при температуре 65—70°. За это время осадок полностью освобождался от влаги. Вес осадка определяли по разности веса фильтра с осадком и веса чистого фильтра. В результате 16 измерений оказалось, что вес осадка зависит от количества взятых реактивов и не зависит от времени отстаивания пробы. При принятом нами способе осаждения реактивами в количестве 3 мл 1 N раствора хлорного железа и 3 мл 1 N раствора едкого натра на 1 л воды получается осадок, сухой вес которого в среднем из 16 измерений равен 180 мг, с отклонениями от 172,5 мг до 191,8 мг.

Определение среднего веса осадка с 1 л воды дало возможность в дальнейшем анализировать определенные навески осадка и делать пересчет на 1 л воды.

Для определения степени осаждения фосфора при исчезающе малых его концентрациях в воде использовали препарат радиоактивной соли фосфора $\text{Na}_2\text{HPO}_4^{32}\text{O}_4$, который добавляли к водопроводной воде, чтобы получить раствор определенной концентрации и активности.

Концентрация в мг $\text{P}^{31} + \text{P}^{32}$	Активность раствора в $\mu\text{Ci}/\text{л}$
$3 \cdot 10^{-3}$	1
$3 \cdot 10^{-4}$	0,1
$3 \cdot 10^{-5}$	0,01
$3 \cdot 10^{-6}$	0,001

Степень осаждения определяли по радиоактивности полученного осадка, предварительно установив эффективность счетной трубки по специально приготовленному стандартному препарату фосфора. В препарате содержалась 0,001 μCi фосфора-32 (2220 расп/мин.). Под счетчиком в результате нескольких просчетов было получено 570—590 имп/мин., т. е. счетная трубка регистрировала около 25% радиоизлучений, испускаемых препаратом. Мы приняли коэффициент поправки на эффективность счетной трубки 4.

При осаждении из раствора со сравнительно высоким содержанием фосфора ($3 \cdot 10^{-3}$ — $3 \cdot 10^{-4}$ мг/л) он практически полностью уходит в осадок, при более низком содержании фосфора в воде (от $1 \cdot 10^{-4}$ и ниже) часть его остается в фильтрате (табл. 1).

Таблица 1

Содержание $\text{P}^{31} + \text{P}^{32}$ в мг/л	Активность 1 л раствора в расп/мин.	Активность осадка из 1 л раствора в имп/мин.	Активность осадка с учетом эффектив- ности счетной трубки в расп/мин.	Степень осаж- дения фосфо- ра в %
$3 \cdot 10^{-3}$	2 220 000	559 900	2 239 600	100
$3 \cdot 10^{-4}$	222 000	61 242	244 968	100
$3 \cdot 10^{-5}$	22 200	5 179	20 716	93
$3 \cdot 10^{-6}$	2 220	451	1 804	81

Учитывая, что при изучении процесса выделения фосфора придется иметь дело с исчезающе малым количеством его в воде, в повторных опытах мы решили уточнить величину, характеризующую степень осаждения, лишь для растворов с низким содержанием $\text{P}^{31} + \text{P}^{32}$. В результате 12 измерений было установлено, что из раствора с очень низким содержанием осаждается в среднем 80% фосфора.

Чтобы найти наиболее удобный способ приготовления препаратов из осадка для последующего определения в нем радиоактивности, на-

ходящийся на фильтре осадок после высушивания переносили скальпелем в ступку, помещенную в предохранительный футляр из органического стекла, препятствующий распылению частиц осадка при растирании. Растиранный осадок наносили порциями по 50—70 мг на одну половину предварительно взвешенных полосок фильтровальной бумаги размером 7,5×5,0 см, согнутых пополам, тщательно взвешивали, по разности веса фильтра с осадком и чистого фильтра определяли вес осадка и препарат заклеивали.

Толщина слоя растертого осадка и покрывающего его кусочка фильтровальной бумаги была незначительной и самопоглощения препаратом радиоактивных излучений не наблюдалось. Осадок из заклеенного препарата не высыпался и его легко было поместить под счетную трубку. Размер готового препарата соответствовал размеру предметного стекла. После проверки препараты уничтожали. По радиоактивности препаратов определяли общую активность всего осадка.

При окончательном расчете количества выделенного рыбами радиоактивного фосфора принимали во внимание объем воды, в которой находились подопытные рыбы, поправку на естественный радиоактивный распад фосфора-32, эффективность работы счетной трубки и степень осаждения фосфора из воды.

В проведенных опытах по 5—10 рыб (в зависимости от размера) помещали в кристаллизаторы диаметром 33 см и высотой 10 см, в которые наливали по 4 л заранее взятой водопроводной воды. Воду меняли один раз в сутки. На анализ брали ежедневно по 2 л воды (в две колбы по 1 л) из каждого кристаллизатора.

В некоторых опытах наряду с изучением величины фосфора, выделяемого рыбой в воду, исследовали процесс выделения фосфора с экскрементами. Для этого каждые сутки при смене воды экскременты собирали, переносили на фильтр, подсушивали в течение суток в термостате при 65—70°, заклеивали так же, как и осадки, и проверяли под счетчиком.

При проверке радиоактивности препаратов пользовались установкой типа Б со счетной трубкой СТС-6. Количество выделенного фосфора выражали в расп/мин. в сутки на одну рыбу.

Методика изучения распределения фосфора в организме рыбы

Поверхностную активность, или количество излучений, регистрируемых счетной трубкой с поверхности тела подопытных рыб, определяли ежедневно при смене воды в кристаллизаторах. Живую рыбу заворачивали в фильтровальную бумагу. Счетную трубку Т-25-БФЛ, смонтированную в «щуп», подносили к поверхности тела рыбы в области расположения внутренних органов и в области хвостового стебля. Величину поверхностной активности выражали в имп/мин. на одну рыбу.

Распределение фосфора-32 по органам и тканям рыб изучали следующим образом. Рыбу, взятую из аквариумов, препарировали. Образцы тканей весом 20—40 мг наносили на кусочки кальки определенного размера и веса, взвешивали на торсионных весах и помещали в пакетик из кальки и заклеивали. Навеску внутри пакетика раздавливали, чтобы уменьшить толщину препарата, и подсушивали в течение 1—2 часов в сушильном шкафу при температуре 65—70°. Толщина приготовленного таким способом препарата не превышала 1 мм, что давало возможность пренебрегать самопоглощением радиоактивных излучений препаратом. Величину активности выражали в имп/мин. на 100 мг сырого веса ткани в среднем для трех исследованных рыб.

Подопытную рыбу исследовали также на содержание в теле различных фосфорных соединений по методике, применяемой для количественного определения фосфора неорганической фосфорной кислоты, получаемой из органических фосфорсодержащих соединений в результате действия на них различных реагентов [6]. Количество фосфора устанавливали колориметрическим методом по измерению интенсивности окраски молибденовой сини, образующейся при восстановлении эйконогеном фосфорномолибденовой кислоты.

На анализ из одной серии брали 2 рыбы, взвешивали, замораживали в смеси льда с поваренной солью и измельчали поочередно в охлажденном микроразмельчителе тканей. Содержание фосфора определяли в преобразованной неорганической фракции, в органических кислоторастворимых соединениях (лабильный фосфор), в белковом остатке, в жире и жироподобных веществах. Подробно методика определения описана в предыдущей работе [9].

Методика определения общей радиоактивности тела подопытных рыб

Общую радиоактивность рыб определяли в высушенных образцах. Через определенное количество дней (от 2 до 7) часть рыб вынимали из воды, обсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали и на сутки ставили в сушильный шкаф при температуре 65—70°. Определяли сухой вес рыбы, затем пробу растирали, брали от каждой рыбы по 3 навески весом около 50—70 мг, тонким слоем распределяли на кусочке фильтровальной бумаги, заклеивали его в виде пакетика, который по размеру был равен предметному стеклу, и проверяли под счетчиком. Данные по величине радиоактивности навески пересчитывали на активность всей высушенной рыбы. Общую радиоактивность выражали в имп/мин. на одну рыбу или на 1 г сырого веса тела рыбы.

Азот, выделенный рыбами, определяли в жидких образцах методом микрокельдаля. Интенсивность выделения характеризовалась количеством азота в мг, выделенного в воду одной рыбой за сутки.

УСВОЕНИЕ РЫБАМИ ФОСФОРА ИЗ ВОДЫ

Известно [12, 13, 14, 8, 9], что ионы фосфора, находящиеся в воде, проникают через жабры и поверхность тела в организм рыбы, усваиваются и используются ею в процессе жизнедеятельности. Количество проникающего фосфора зависит от концентрации его в воде и от возраста рыбы. Учитывая, что на интенсивность проникновения ионов фосфора в тело рыбы может влиять физиологическое состояние рыбы, мы провели опыт, цель которого заключалась в том, чтобы выяснить интенсивность проникновения фосфора из воды при различном кислородном режиме. При недостаточном содержании кислорода в воде наблюдается понижение общего обмена веществ у рыб, снижается величина усвоения ионов кальция [1].

В 3 л свежеприготовленного и аэрируемого радиоактивного раствора фосфора на 2 часа помещали 25 годовиков карпа средним весом 5 г. Рыба на протяжении всего опыта чувствовала себя хорошо, держалась в толще воды и у дна. Спустя 2 часа ее вынимали и в раствор помещали следующую партию карпов, которых выдерживали без аэрации. Уже через 30 мин. часть рыбы поднялась на поверхность воды и стала заглатывать воздух, а к концу опыта (через 2 часа) вся рыба находилась у поверхности воды.

После отмывания от поверхности радиоактивной загрязненности рыбу пересаживали в проточный аквариум и через определенные промежутки времени брали на исследование.

Проверка общей радиоактивности рыбы показала, что в растворе с благоприятным кислородным режимом рыба усвоила в 2 раза больше фосфора, чем в воде с дефицитом кислорода. Это соотношение наблюдалось на протяжении всего опыта (табл. 2).

Таблица 2

Количество дней с начала опыта	Средний вес рыбы в г	Общая активность всей рыбы в расп/мин.	Активность 1 г сырой навески в расп/мин.	Средний вес рыбы в г	Общая активность всей рыбы в расп/мин.	Активность 1 г сырой навески в расп/мин.
	при нормальном содержании кислорода			при дефиците кислорода		
1	3,3	6 815	2087	5,4	4982	934
3	4,4	11 763	3091	5,35	2919	542
7	4,1	5 198	1339	4,1	6457	1427
10	4,0	5 100	1483	4,4	3444	753
14	5,5	5 517	1000	5,8	2480	419

Примечание. Приведены средние данные из 3 исследованных рыб.

Следовательно, ионы фосфора, как и ионы кальция, воспринимаются рыбой из воды при дефиците кислорода значительно хуже, чем в хороших кислородных условиях.

При проведении опытов часто приходится наблюдать очень резкие индивидуальные отклонения в величине потребления того или иного вещества отдельными рыбами. Так, в табл. 2 одни данные резко отличаются от других. Это можно объяснить тем, что в исследуемой группе

рыб были одна или две с очень высоким показателем активности, характеризующим количество фосфора, усвоенного из воды. Для уточнения этого вопроса одновозрастных мальков карпа, взятых от одних и тех же производителей и выращиваемых до опыта в одинаковых условиях, помещали в радиоактивный раствор фосфора-32. После выдерживания в растворе в течение 2 час. и последующего промывания у 68 мальков исследовали поверхностную радиоактивность (рис. 1).

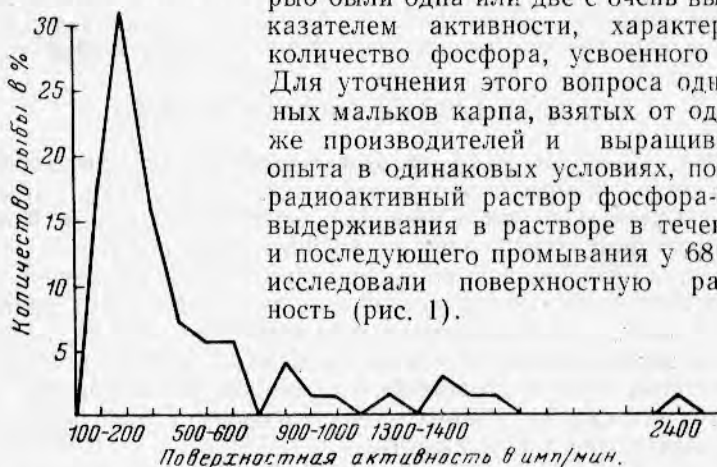


Рис. 1. Поверхностная активность у молоди карпа после выдерживания в радиоактивном растворе.

Рыбы усвоили из воды неодинаковое количество фосфора. Основная масса их (84%) использовала небольшое количество фосфора; поверхностная активность выражалась величиной от 100 до 700 имп/мин. Некоторые рыбы использовали фосфор из воды в 2 раза интенсивнее.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что количество фосфора, воспринимаемого рыбой из воды, зависит от индивидуальных особенностей обмена веществ каждой особи.

ВЫДЕЛЕНИЕ ФОСФОРА РЫБАМИ

Вопросу выделения фосфора рыбой посвящено несколько работ. Т. Tomiyama и др. [13, 14] изучали пути выделения фосфора, введенного в тело карпа путем инъекции в спинную мышцу.

Из воды, в которой находились рыбы, осаждали фосфаты. Осадок проверяли под счетчиком. Авторы установили, что через 25 час. после инъекции Na_2HPO_4 выделяется около 1% введенного в организм фосфора. Выделение происходит в основном через почки, но наблюдается и внепочечное выделение, которое вероятней всего происходит через жабры.

На возможность выделения некоторых минеральных веществ через жабры еще раньше указывали А. Krogh [10], Н. W. Smith [11] и П. А. Коржуев [5]. В их работах, посвященных осморегуляции у водных животных, приведены данные, свидетельствующие о том, что одновалентные ионы выделяются внепочечно, а такие ионы, как Mg , SO_4 и PO_4 , — через почки.

У В. С. Кирпичникова и др. [4] есть указания на скорость выведения рыбой фосфора, абсорбированного из воды. Опыты проводили с годовиками карпа, которых в течение 6 час. выдерживали в радиоактивном растворе двузамещенного фосфата натрия активностью 1 mCi/l и концентрацией фосфора 7 мг/л . После этого их пересаживали в проточную нерадиоактивную воду. О скорости выделения судили по уменьшению радиоактивности различных органов и тканей. Было отмечено более быстрое снижение радиоактивности в теле рыбы, чем при наличии одного только естественного распада. Наиболее резкое падение наблюдалось в первые сутки после выдерживания рыбы в активном растворе. Это явление объясняли уменьшением концентрации фосфора в рыбе вследствие перевода ее в воду с малым количеством фосфора.

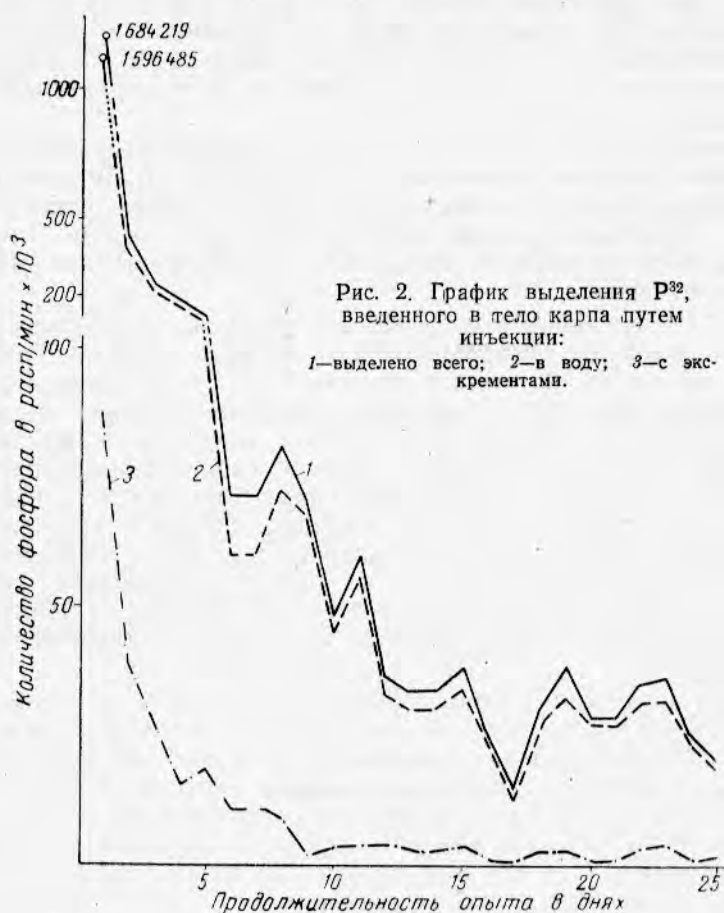
В своих предыдущих работах [9] мы также судили об интенсивности выделения фосфора, в основном, по снижению радиоактивности в теле рыбы, для чего каждый раз забивали по 3—5 рыб из опыта. Разработанная нами методика определения выделенного фосфора позволяет, не забывая рыбу, получать данные, характеризующие процесс выделения во времени. Были проведены опыты по изучению интенсивности выделения фосфора, введенного в организм путем внутрибрюшинной инъекции и усвоенного рыбой из раствора.

Годовикам карпа (44 шт.) ввели по $0,05 \text{ мл}$ раствора активностью $2,75 \mu \text{ Ci}$ ($6105000 \text{ расп/мин.}$). В два кристаллизатора поместили по 5 рыб для изучения выделения фосфора, а остальных посадили в аквариум, из которого через определенное время часть их использовали для определения общей активности.

Исследование, проведенное сразу после инъекции, показало, что фактически рыбе было введено фосфора $8611100 \text{ расп/мин.}$ Основное количество его — 47,5% от всего выделенного, или 19,5% от введенного — выделилось в первые сутки опыта, что несколько противоречит данным Т. Tomiyama и др. [14], свидетельствующим о выделении в первые сутки только 1% фосфора. В последующие дни интенсивность процесса выделения резко снижается. Фосфор выделяется в воду в основном с мочой через почки и внепочечно через жабры. С экскрементами за 25 дней опыта выделилось лишь 6,6% общего количества выделенного фосфора.

Интенсивность выделения фосфора колеблется волнообразно: она то снижается, то вновь возрастает (рис. 2). Всего за 25 дней опыта выделилось $3487876 \text{ расп/мин.}$, т. е. 40,5% от количества, введенного в начале опыта.

Наблюдается зависимость между интенсивностью выделения фосфора и физиологическим состоянием рыбы. После инъекции рыбам 0,05 мл раствора P^{32} активностью 1,44 μ Ci (3196800 расп/мин.) часть их поместили в кристаллизаторы. В одном кристаллизаторе рыб кормили личинками хирономид, в другом на протяжении всего опыта они голодали. Опыт длился 41 день.



В первые трое суток после инъекции выделение фосфора было очень интенсивным. За это время у питающихся рыб выделилось 391302 расп/мин., или 29,1% от введенного количества и 70,3% от всего выделенного за время опыта, у голодных рыб эти величины составили соответственно 18,1 и 53,5%. В последующие дни интенсивность выделения снизилась. Это можно объяснить тем, что рыбы выбросили неусвоенный ими излишний фосфор, введенный в организм при инъекции.

На протяжении 21 дня интенсивность выделения фосфора голодными рыбами была несколько ниже интенсивности выделения его сытыми рыбами (рис. 3). На 22-й день положение изменилось — выделение фосфора сытыми рыбами осталось примерно на том же уровне, а выделение фосфора голодными рыбами резко возросло. Однако, несмотря на это, сытыми рыбами за все время опыта выделено 41,4% введенного фосфора, а голодными — 33,9%, т. е. на 7,5% меньше.

Поверхностная активность и в области внутренних органов, и в области хвостового стебля у сытых рыб несколько ниже, чем у голодных

(рис. 4), что вполне согласуется с данными по интенсивности выделения фосфора:

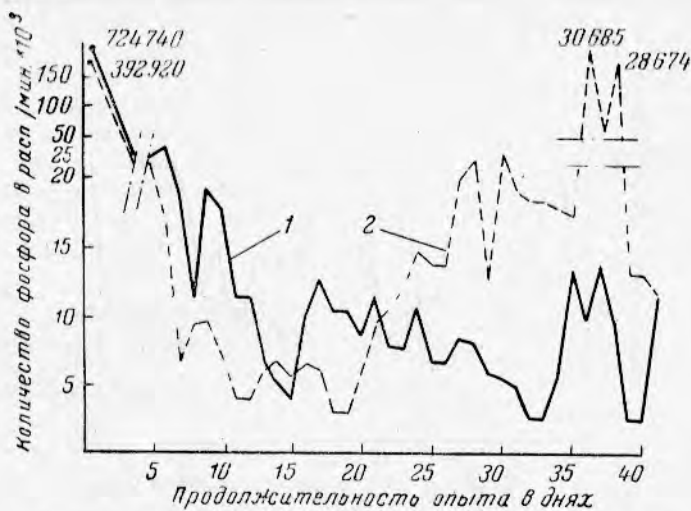


Рис. 3. График выделения фосфора-32 карпами после инъекции раствора;
1 — сытыми; 2 — голодными.

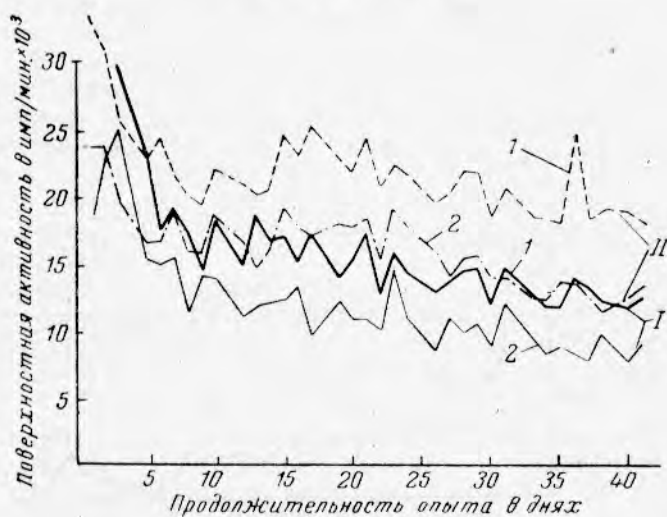


Рис. 4. Поверхностная активность карпов после инъекции раствора фосфора-32:

I — в области внутренних органов; II — в области хвостового стебля; I — сытые рыбы; 2 — голодные рыбы.

Сытые рыбы на протяжении всего опыта выделяли больше азота, чем голодные (рис. 5), и такого резкого скачка, как в выделении фосфора, не наблюдалось.

Отношение выделенного фосфора и азота определяли путем деления величины, характеризующей количество фосфора, выделенного одной рыбой за сутки, на количество выделенного одной рыбой за сутки азота. В первой половине опыта это отношение у сытых и голодных рыб было примерно одинаковым; у голодных рыб оно было лишь немного выше ввиду незначительного количества выделяемого азота. Начиная с 21 дня опыта, когда резко возросло количество фосфора,

выделяемого голодными рыбами, отношение у них также возросло (рис. 6). Можно предположить, что после 20-дневного голодания в организме рыбы начинается нарушаться обмен: повышается интенсив-

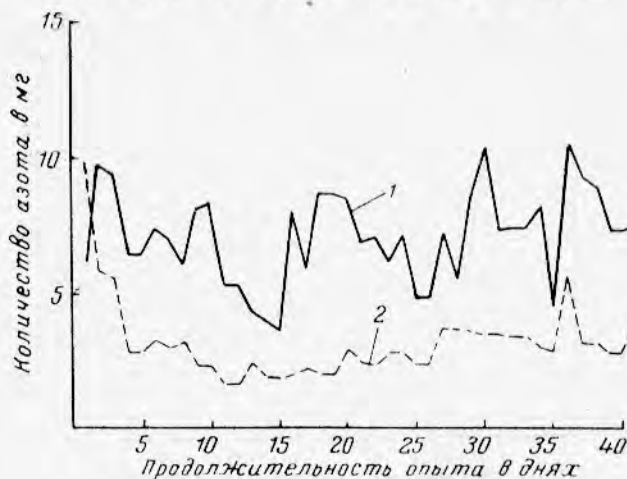


Рис. 5. Выделение азота карпами:
1 — сытыми; 2 — голодными.

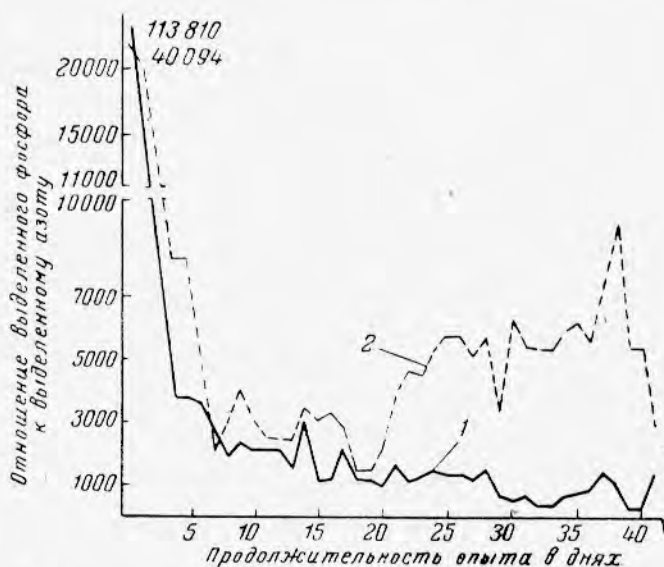


Рис. 6. Отношение выделенного фосфора P^{32} к выделенному азоту у карпов:
1 — сытых; 2 — голодных.

ность выделения фосфора за счет распада некоторых фосфорсодержащих соединений и изменяется соотношение выделяемого фосфора и азота.

Фосфор, воспринимаемый рыбами из воды при хорошем кислородном режиме, усваивается более полно и на более длительный срок задерживается в организме. При дефиците кислорода количество захваченного рыбой фосфора велико, но большая часть его в первые же сутки выделяется из организма. Так, у рыб, находившихся в хороших кислородных условиях, в первые сутки выделилось 21,7% фосфо-

ра, а у рыб, содержащихся при низком содержании кислорода, — 37,3% от всего фосфора, выделенного в течение опыта. В дальнейшем интенсивность выделения фосфора у всех рыб была одинаковой.

При исследовании выделения фосфора у рыб одной популяции видно, что рыбы, активнее воспринимавшие фосфор, выделяют его более интенсивно (рис. 7). Видимо, у этих рыб общий уровень обмена выше, чем у других рыб той же популяции.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФОРА В ОРГАНИЗМЕ РЫБЫ

Распределение фосфора-32 по органам и тканям изучали при поступлении его из воды, с кормами и при введении путем инъекции. Для анализа брали чешую, кожу, жаберные лепестки, покровные и основные кости, кровь, печень, мышцы, кишечник по отделам. Рассчитывали относительную активность в имп/мин. на 100 мг сырого веса тканей с учетом поправки на распад в среднем из трех исследованных рыб. Ранее мы указывали [9], что при изучении распределения фосфора в органах и тканях тела животного необходимо прежде всего учиты-

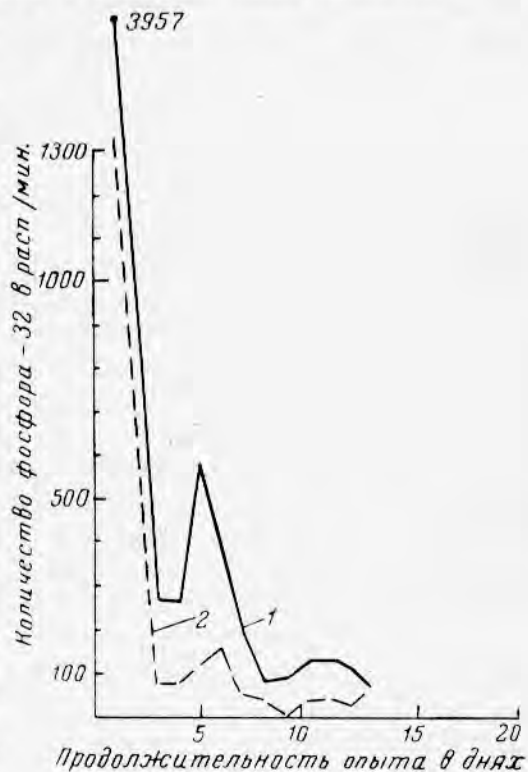


Рис. 7. Выделение фосфора P^{32} рыбами: 1—сильно абсорбирующими фосфор; 2—слабо абсорбирующими фосфор.

вать ту роль, которую играет фосфорная кислота в специфической функции каждого органа. Был подробно рассмотрен также вопрос о распределении фосфора в теле годовиков карпа при поступлении его из воды.

Цель настоящих исследований заключалась в том, чтобы сравнить картину распределения фосфора в органах и тканях при различных путях его поступления внутрь организма. Данные об относительной активности органов и тканей рыбы, получившей фосфор-32 из воды и в результате инъекции, приведены в табл. 3 и 4.

Из табл. 3 и 4 видно, что в распределении фосфора-32 в органах и тканях подопытных рыб при усвоении его из воды и при инъекции наблюдается некоторое различие. Так, относительная активность печени и почек у инъецированных рыб выше, чем у рыб, усвоивших фосфор из воды, а активность крови, наоборот, выше и менее стабильна у рыб, усвоивших фосфор из воды. Активность мышц у всех рыб примерно одинакова. Основные кости инъецированных рыб имеют более высокую относительную активность, чем кости рыб, выдержанных в радиоактивном растворе.

Однако, несмотря на эти различия, основной характер распределения фосфора общий для тех и других рыб: наблюдается сравнительно высокая относительная активность чешуи и скелета и более низкая активность таких органов и тканей, как мышцы, печень, почки.

Таблица 3

Органы и ткани	Распределение P^{32} в теле рыбы при поступлении из воды и продолжительности периода после мечения в сутках											
	1		3		5		10		15		30	
	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%
Жаберные лепестки	204	16,3	132	9,5	36	5,6	37	5,8	48	3,9	125	6,5
Слизистая рта	159	12,7	41	3,0	51	7,9	22	3,4	125	10,2	90	4,6
Кишечник	134	10,6	152	11,1	173	26,9	352	55,0	339	27,8	189	9,8
Кожа	102	8,1	120	8,7	21	3,3	19	2,9	110	9,0	503	26,2
Печень	14	1,1	25	1,8	16	2,5	18	2,8	42	3,5	73	3,9
Почки	33	2,6	27	2,0	17	2,7	24	3,8	64	5,3	103	5,4
Селезенка	17	1,3	47	3,4	28	4,3	21	3,3	53	4,4	69	3,7
Мозг	36	2,8	31	2,3	13	2,0	6	0,9	31	2,3	60	3,2
Мышцы	15	1,2	62	4,5	18	2,8	14	2,2	37	3,0	77	4,0
Скелет	67	5,4	87	6,3	78	12,2	58	9,1	92	7,5	146	7,6
Чешуя	414	33,0	607	43,8	145	22,5	58	9,1	147	12,0	430	22,4
Кровь	62	4,9	50	3,6	47	7,3	11	1,7	136	11,1	52	2,7
Итого	1257	100	1381	100	643	100	640	100	1224	100	1917	100

Таблица 4

Органы и ткани	Распределение P^{32} в теле рыбы при введении его в организм инъекцией и продолжительности периода после мечения в сутках											
	1		5		8		12		15		19	
	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%	ИМП/МИН.	%
Кровь	2436	2,8	3401	3,7	1837	2,6	2688	2,9	1949	1,7	1115	1,9
Печень	6289	7,6	5068	5,6	4250	6,1	5978	6,3	5868	5,2	3177	5,3
Почки	5088	6,1	6996	7,7	4683	6,7	4869	5,2	4807	4,3	3569	5,9
Мышцы	2726	3,3	4737	5,2	4085	5,8	3869	4,1	4939	4,4	2943	4,9
Кишечник												
передний от- дел	1835	2,1	3826	4,2	2626	3,8	3275	3,5	6632	5,9	4203	6,9
средний отдел	4529	5,5	4079	4,6	2724	3,9	3916	4,2	3596	3,2	3742	6,2
задний отдел	2657	3,2	4228	4,7	3080	4,4	5294	5,6	4333	3,9	3435	5,6
Кости основные .	11831	14,5	12177	13,4	8120	11,6	8347	8,9	12827	11,4	5560	9,2
Кости покровные	23848	29,4	30405	33,5	24447	35,2	38649	41,0	44576	40,0	22552	37,1
Чешуя	20878	25,5	16825	17,4	13640	19,9	17266	18,3	22375	20,0	10362	17,0
Итого	82117	100,0	91742	100,0	69492	100,0	94601	100,0	11902	100,0	60708	100,0

Органы и ткани	Распределение P ³² в теле рыбы при введении его в организм инъекцией и продолжительности периода после мечения в сутках									
	22		26		30		34		37	
	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%
Кровь	1781	2,2	1550	1,8	739	1,1	1782	2,2	1324	1,9
Печень	2639	3,3	2668	3,1	2410	3,5	3557	4,5	2392	3,5
Почки	4019	5,0	3675	4,3	2952	4,3	3774	4,8	3618	5,2
Мышцы	3104	3,9	3332	3,8	1877	2,7	3079	3,8	2917	4,2
Кишечник										
передний отдел	2389	3,0	2952	3,4	2128	3,1	2395	3,0	2302	3,3
средний отдел	3849	4,8	3111	3,6	2513	3,6	3785	4,8	2356	3,4
задний отдел	4648	5,9	3779	4,4	3011	4,4	3116	3,9	2278	3,3
Кости основные	6442	8,0	11077	12,8	7002	10,2	8237	10,3	8492	12,4
Кости покровные	36842	45,5	38553	44,5	34751	50,1	35784	45,0	30073	43,5
Чешуя	14750	18,4	15992	18,3	11608	17,0	14221	17,7	13282	19,3
Итого	80463	100,0	86689	100,0	68991	100,0	79680	100,0	69044	100,0

Характер распределения фосфора у рыб, усвоивших его из кормов, изучен менее подробно, но, по имеющимся данным, можно сказать, что и в этом случае относительная активность чешуи и покровных костей очень высока по сравнению с активностью других исследованных тканей (табл. 5).

Таблица 5

Органы и ткани	Распределение P ³² в теле рыбы при усвоении его из кормов и продолжительности опыта в днях											
	2		4		6		9		11		13	
	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%	нмп/мин.	%
Кости покровные	9464	43,9	7037	31,6	26331	51,6	16433	55,4	28674	54,3	4990	38,2
Кости основные	2680	12,4	2926	13,2	3918	7,6	4189	14,3	4541	8,5	1412	10,7
Чешуя	4720	21,7	5741	25,8	10495	20,5	4287	14,4	10972	20,8	3390	25,9
Кожа	2144	9,6	2767	12,7	3618	7,1	2296	7,8	5346	10,1	1202	9,2
Жаберные лепестки	2675	12,4	3704	16,7	6662	13,2	2390	8,1	3272	6,3	2074	16,0
Итого	21683	100,0	22175	100,0	51024	100,0	29595	100,0	52805	100,0	13068	100,0

В тело высших позвоночных животных фосфор поступает только из пищи. У рыб, как было показано выше, дополнительным источником ряда минеральных веществ, и в частности фосфора, является вода.

Для решения вопроса о том, остается ли минеральный фосфор, проникший в тело рыбы из воды в виде неорганической фракции, или усваивается и входит в состав органических фосфорсодержащих

соединений, были проделаны опыты с последующим анализом по фракциям навески тела рыбы, находившейся в радиоактивном растворе фосфора от 15 мин. до 2 час. Результаты анализов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Продолжительность пребывания рыбы в радиоактивном растворе в мин.	Содержание P^{32} в 1 г сырой навески карпа при усвоении его из воды								
	неорганический			органический			общий		
	мг	имп/мин.	%	мг	имп/мин.	%	мг	имп/мин.	%
15	1,5	2530	85,8	3,65	421	14,2	5,15	2951	100
30	1,5	2685	75,9	3,65	852	24,1	5,15	3537	100
60	1,5	4935	49,3	3,65	5055	50,7	5,15	9990	100
120	1,5	1070	8,5	3,65	11516	91,5	5,15	12586	100

Было установлено, что при проникновении неорганического фосфора из воды в тело сеголетков карпа уже через 1 час после начала опыта более 50% минерального фосфора переходит в органические фосфорные соединения и встречается в основном в форме лабильного фосфора и в составе фосфопротеидов и нуклеопротеидов. Через 2 часа в неорганической фракции остается всего 8,5% поступившего в тело рыбы фосфора. Суммарно в органические соединения в первые часы после поступления из воды переходит 91,5%.

При введении фосфора-32 в организм рыбы путем инъекции неорганический фосфор также быстро усваивается и переходит в органические фосфорсодержащие соединения (табл. 7). На протяжении 40 дней опыта радиоактивный фосфор обнаруживали во всех исследованных фракциях.

Таблица 7

Продолжительность опыта в днях	Содержание P^{32} в 1 г сырой навески карпа при введении его путем инъекции								
	неорганический			органический			общий		
	мг	имп/мин.	%	мг	имп/мин.	%	мг	имп/мин.	%
1	1,18	53817	67,9	4,72	25471	32,1	5,90	79288	100
5	1,25	30295	82,0	3,85	6504	18,0	5,10	36799	100
8	1,20	34161	69,3	3,50	15180	30,7	4,70	49341	100
12	1,52	44130	67,4	1,28	21361	32,6	2,80	35491	100
15	1,07	52129	89,0	2,57	6465	11,0	3,64	58594	100
19	1,00	29560	47,5	2,50	32740	52,5	3,50	62300	100
22	0,90	36545	59,5	1,93	24896	40,5	2,83	61441	100
26	1,37	21467	80,0	3,33	5312	20,0	4,70	26779	100
30	1,06	32164	48,7	3,67	33916	51,3	4,73	66080	100
34	1,35	21158	55,5	2,85	16961	44,5	4,20	38119	100
37	1,48	27842	38,1	3,41	45219	61,9	4,89	73061	100

Из табл. 7 видно, что большое количество фосфора-32 при введении его путем инъекции содержится в неорганической фракции. Воз-

можно, что фосфор, превращаясь в организме рыбы в процессе обмена из одного соединения в другое, проходит фазу неорганической фракции и на этой фазе оказался учтенным.

Фосфор, усвоенный рыбой из кормов, распределяется по различным фракциям довольно равномерно (табл. 8).

Таблица 8

Продолжительность опыта в днях	Содержание P ³² в 1 г сырой навески тела верховок при усвоении его из корма								
	неорганический			органический			общий		
	мг	имп/мин.	%	мг	имп/мин.	%	мг	имп/мин.	%
2	0,68	11100	47,0	2,85	12654	53,0	3,53	23754	100
4	0,64	7744	36,5	1,92	13310	63,5	2,56	21054	100
6	1,35	7270	53,0	3,90	6480	47,0	5,25	13750	100
9	1,55	17402	50,0	2,45	17371	50,0	4,00	34773	100
11	1,34	13005	56,0	2,56	10200	44,0	3,90	23205	100
13	1,21	17277	53,0	3,44	15427	47,0	4,65	32704	100

ЗАВИСИМОСТЬ РОСТА РЫБЫ В СРЕДЕ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФОРА ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОСФОРНОГО ОБМЕНА

Выше отмечалось, что у рыбы одного возраста, содержащейся в одинаковых условиях, различная интенсивность фосфорного обмена, что выражается в неодинаковой величине воспринимаемого из воды и выделяемого фосфора.

Ранее мы указывали [3], что на рост и развитие рыбы благоприятно влияет фосфор, вносимый в воду в качестве удобрения. Весовой прирост рыбы, выращиваемой в среде с концентрацией фосфора 10 мг/л, вдвое больший, чем рыбы, выращиваемой в обычных условиях. Однако не все особи одинаково реагируют на повышенное содержание фосфора в воде.

Чтобы выяснить, как повышенное содержание фосфора в воде влияет на рост рыб, обладающих различной интенсивностью фосфорного обмена, в два кристаллизатора с водой, обогащенной нерадиоактивным фосфором в концентрации 10 мг/л, было посажено по 6 мальков карпа. Воду меняли 2 раза в сутки, рыбу кормили личинками хирономид. Температуру воды поддерживали в пределах 18—20°.

При анализе полученных данных (табл. 9) видно, что прирост рыбы с высокой интенсивностью фосфорного обмена по отношению к

Таблица 9

Дата исследова- ний	Вес всей рыбы в мг	Общий при- рост веса в мг	Прирост одной рыбы в мг	Вес всей рыбы в мг	Общий при- рост веса в мг	Прирост од- ной рыбы в мг
	рыба с низким уровнем фосфорного обмена			рыба с высоким уровнем фосфорного обмена		
22/X	6300	—	—	7300	—	—
27/X	7100	800	133	8900	1600	320
2/XI	8300	2000	333	10900	3600	720

первоначальному весу в 2,5 раза больше, чем прирост рыбы с низкой интенсивностью фосфорного обмена.

Содержание фосфора в 1 г навески тела рыб с различной интенсивностью фосфорного обмена несколько различно (табл. 10). У рыб с низким уровнем обмена фосфора содержится больше, чем у рыб с высоким уровнем обмена. Различие это обусловлено содержанием фосфора в преобразованной неорганической фракции и в кислоторастворимой фракции. В белке и жире фосфора содержится одинаковое количество.

Таблица 10

Показатели	Содержание фосфора в мг на 1 г сырого веса рыб	
	с низким уровнем обмена	с высоким уровнем обмена
Неорганический фосфор	0,84	0,78
Органический кислоторастворимый фосфор	2,26	2,03
Белок		
сухой вес	128	165
фосфор	0,55	0,53
Жир		
общий вес	77	76
фосфор	0,40	0,40
Итого фосфора	4,05	3,74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение фосфорного обмена у рыб потребовало разработки методики определения выделяемого рыбами фосфора и уточнения методики изучения его распределения по отдельным органам и тканям.

При изучении распределения в организме рыб фосфора, введенного различными путями, обнаружены черты сходства и некоторое различие в распределении его по органам и тканям рыбы. Так, относительная радиоактивность органов, несущих в той или иной степени выделительную функцию (печень, почки), у рыб, которым фосфор вводился путем инъекции, выше, чем у рыб, абсорбировавших радиоактивный фосфор из водного раствора. Относительная же активность крови у последних выше, чем у первых.

Путь проникновения фосфора в организм рыб в известной степени определяет и дальнейшую его судьбу. Фосфор минеральных соединений, проникая из раствора через жабры и поверхность тела, очень быстро переходит в органические соединения. Значительно медленнее совершается этот переход при введении фосфора путем инъекции. Как бы промежуточную картину дает фосфор, введенный в рыбу через корм.

Во всех проведенных опытах у рыб одного вида и одного возраста обнаруживается различие в уровне фосфорного обмена. При этом у рыб с высокой интенсивностью фосфорного обмена наблюдается и больший весовой рост, чем у рыб с низкой интенсивностью фосфорного обмена. В связи с этим перспективной оказывается селекционная работа по отбору более продуктивных особей выращиваемых рыб.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Богоявленская М. П., Изучение кальциевого обмена в целях использования Ca^{45} в качестве метки для рыб, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
 2. Бруевкч С. В., Некоторые методы химического исследования грунтов и грунтовых растворов мря, сер. V, вып. 7, Гидрометеониздат, 1944.
 3. Карзинкин Г. С., Шеханова И. А., Некоторые принципиально новые положения в проблеме удобрения водоемов, Труды совещания по рыбоводству, АН СССР, 1957.
 4. Кирпичников В. С., Световидов А. Н., Трошин А. С., Мечение карпа радиоактивными изотопами фосфора и кальция, ДАН СССР, т. 111, № 1, 1956.
 5. Коржуев П. А., Осморегуляция у водных животных, «Успехи современной биологии», т. LX, вып. 3, 1938.
 6. Мешкова Н. П., Северин С. Е., Практикум по биохимии животных, «Советская наука», 1950.
 7. Шеханова И. А., Применение P^{32} для мечения молоди осетровых рыб, «Рыбное хозяйство», 1955, № 11.
 8. Шеханова И. А., О возможности усвоения рыбами неорганического фосфора из воды, ДАН СССР, т. 106, № 1, 1956.
 9. Шеханов И. А., Изучение фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб с применением радиоактивного фосфора, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
 10. Krogh A., Osmotic regulation in aquatic animals, Cambridge, 1939.
 11. Smith H. W., The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts, The american Journal of Physiology, vol. 93, N. 2, 1930.
 12. Tomiyama T., Kobayashi K., Jshio, Absorption and dissolved Ca^{45} by *Carassius auratus*, Research in the Effects and Influences of the Nuclear Bomb Test Explosions, II, Ueno, Tokyo, 1956.
 13. Tomiyama T. и др., Absorption of P^{32}O_4 ion by Carp, Там же.
 14. Tomiyama T. и др., Distribution and Excretion of intramuscularly administered P^{32}O_4 by Carp, Там же.
-

О ВОЗМОЖНОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ В ПРУДАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

И. Ф. ВЕЛЬТИЩЕВА

В последнее время вступает в строй все больше рыбхозов и рыбноводных заводов, которые должны выпускать в моря Советского Союза миллионы штук молоди частиковых, лососевых и осетровых рыб.

Одним из слабых мест в рыбноводном процессе является количественный учет конечной продукции. Поштучным учетом при больших масштабах рыборазведения пользоваться нельзя, а другие существующие методы учета недостаточно точны или травмируют рыбу.

В. И. Жадин и А. С. Трошин [1, 2] предложили учитывать выпускаемую продукцию с помощью радиоактивного препарата фосфора (P^{32}). Из пруда за 2—3 дня до спуска вылавливают некоторое количество рыбы, маркируют, выдерживая в радиоактивном растворе фосфора, и выпускают обратно в пруд. Перед спуском в разных участках пруда берут 3—4 пробы по 100 шт. и определяют процент меченых рыб.

Зная количество меченой рыбы и процент ее в пробах, можно определить количество молоди в пруду.

Преимущество этого метода, по мнению авторов, заключается в его точности и в том, что рыба не травмируется, так как лишь небольшая ее часть проходит через руки человека.

Работу В. И. Жадин и А. С. Трошин проводили на рыбцово-шемайном питомнике в Краснодарском крае. Молодь учитывали в 3 прудах площадью от 0,025 до 0,040 га. Всего было выращено 22947 шт. молоди рыба, шемаи и других рыб. Расхождение в данных при поштучном счете (22947) и вычислении при помощи меченых рыб (24570) составило 7,1%. В других случаях ошибка оказывается значительно больше: от +19,1% до —45,8% (табл. 1, по данным В. И. Жадина и др.).

Вполне возможно, что точность рекомендуемого метода может изменяться от очень многих причин. Мы имеем дело с живыми организмами, поэтому механического перемешивания меченых и немеченых рыб в данном случае быть не может. В больших рыбноводных хозяйствах типа нерестово-вырастных распределение молоди может быть связано с различной кормностью участков водоема, температурным и газовым режимом и т. д. Поэтому без учета всех факторов при пользовании данным методом могут получаться большие ошибки.

В нашу задачу входило испытание предложенного метода для учета осетровых.

Работу проводили на Куринском производственно-экспериментальном осетровом рыбноводном заводе в 1957 г. Было использовано 8 сход-

Таблица 1

Номер пруда	Рыба	Количество рыбы в пруду в шт.		Ошибка в % по отношению к поштучному подсчету
		при штучном подсчете	при вычислении с помощью меченых рыб	
2	Рыбец	5530	5566	+0,6
4	Рыбец	5107	6084	+19,1
	Шемая	709	387	-45,4
	Прочая (сорная) рыба	493	267	-45,8
	Всего	6309	6738	+ 6,7
6	Рыбец	9523	10789	+13,2
	Шемая	1122	1095	- 2,4
	Прочая (сорная) рыба	460	386	-16,1
	Всего	11105	12270	+10,5

ных по условиям прудов общей площадью 5 га (от 0,25 до 1 га), в которых выращено 210 тыс. шт. молоди осетровых.

При проверке предложенного метода количественного учета мы попытались дать ответы на основные вопросы, интересующие производство: имеет ли значение для точности учета вид рыбы и площадь пруда, за сколько дней до спуска нужно метить молодь и какой процент рыб от общего количества должен быть помечен.

При проведении опытов в производственных условиях пришлось несколько изменить метод В. И. Жадина. Чтобы сократить трудоемкий процесс лова молоди для маркировки, рыбу брали не из опытного пруда, а из другого, спускаемого раньше. Во всех случаях это была рыба одного вида, чаще одного дня выклева и примерно одинакового среднего веса.

Меченую рыбу выпускали в опытный пруд за несколько дней до спуска. Для учета соотношения меченых и немеченых рыб при спуске прудов из ловушки периодически брали по 50 рыб для проверки под счетчиком. Поскольку во всех прудах был поштучный учет, то оказалось возможным брать пробы с каждой 10—15% прошедшей молоди.

Предварительно установили, что 30-минутное выдерживание в растворе активностью от 250 до 830 μ Си/л дает вполне надежную метку. Рыба средним весом от 1 до 4 г, меченная даже в слабом растворе (300 μ Си/л), после недельного пребывания в чистой воде на 120—250% превышает по своей активности фон.

Для полной уверенности в том, что молодь не теряет метку за время пребывания в прудах, в конце посадки меченых рыб в пруды всегда отсаживали по 50 шт. этой молоди в тазы с проточной водой. Активность этих рыб определяли при спуске опытного пруда вслед за последней прудовой пробой.

При рассмотрении основных вопросов прежде всего необходимо было установить, за сколько дней до спуска пруда нужно метить рыбу, чтобы получить достоверный результат. Поскольку этот период желательно сократить до минимума, чтобы рыба не погибла, мы метили ее за 1—6 дней до спуска пруда.

Из табл. 2 видно, что наибольшая ошибка получается при мечении севрюги и гибрида за 1—1,5 суток (+65; +183%). В то же время при мечении севрюги за 2 суток ошибка оказалась всего —4,6%. Однако вряд ли можно считать, что за такой небольшой промежуток времени (1—0,5 суток) так сильно могут измениться результаты учета.

При 4- и 6-дневном пребывании меченой рыбы в пруду ошибка составила —23,1; +13,7%. На наш взгляд, более точные результаты при учете севрюги (—4,6%) по сравнению с осетром (—23,1%) нельзя объяснить иным поведением севрюги и лучшим перемешиванием рыбы, так как колебания ошибки при учете севрюги, помеченной за 1—2 суток, значительно выше (—4,6; +183,4%), чем при учете осетра (+13,7; —23,1%).

На этом основании мы приходим к выводу, что мечение рыб за 2 или 6 дней до спуска прудов площадью 0,25—1,0 га не оказывает существенного влияния на результаты количественного учета с помощью меченых рыб.

О том, что при более длительном пребывании рыбы в пруду (6 суток) не происходит лучшего перемешивания молоди, чем при более коротком сроке (1—4 суток), свидетельствуют данные табл. 2.

Таблица 2

Площадь пруда в га	Вид рыбы	Помечено, рыбы	Количество меченых рыб в % от общего количества рыбы в пруду	Продолжительность пребывания меченой рыбы в прудах до спуска в сутках	Посажено рыб в пруд. в шт.	Подсчитано рыбы при спуске прудов		Ошибка в % к поштучному учету	Количество меченых рыб в % в каждой пробе на протяжении спуска (проба равна 50 шт.)
						при поштучном учете	при помощи меченых рыб		
0,5	Севрюга	760	4,76	1	15227	10425	29550	+183,4	4; 2; 2; 0; 2; 6; 2;
1,0	Шип × севрюга	2440	2,96	1—1,5	79850	60589	100000	+65,0	6; 2; 2; 0; 0; 4; 0; 4; 6; 4; 4; 0; 0; 2; 2
0,25	Севрюга	350	3,0	2	20600	18581	17727	—4,6	0; 8; 2; 4; 2; 6
0,25	Осетр	600	2,43	4	24000	21280	16363	—23,1	4; 8; 4; 4; 0; 2;
1,0	Осетр	2050	4,86	6	40105	31377	35652	+13,7	4; 10; 4; 10; 6; 6

В равных по количеству рыб пробах, взятых равномерно на протяжении всего спуска пруда, количество меченых рыб изменяется очень сильно и без какой бы то ни было закономерности. При выращивании любых видов осетровых, на любых испытанных площадях, при разных сроках мечения и разным проценте меченых рыб — нигде, ни в одном случае нам не удалось наблюдать хорошего перемешивания меченых и немеченых рыб, т. е. такого случая, когда на протяжении всего спуска процент меченых рыб был бы всегда одинаковым.

Придя к выводу о том, что небольшая разница в сроках мечения не имеет существенного значения, мы попытались проследить, какое значение при количественном учете может оказать изменение площади прудов от 0,25 до 1 га.

Опыт проводили с севрюгой. Рыбу метили в количестве 3—5% за 1—2 суток до спуска прудов. Процент ошибки оказался довольно большим (табл. 3) и никакой закономерности нам подметить не удалось. Видимо, незначительное колебание площадей не имеет существенного значения при количественном учете с помощью меченых рыб.

Но это не значит, что площадь не будет иметь никакого значения на больших рыбоводных хозяйствах типа нерестово-вырастных, где каждый пруд может занимать сотни гектаров.

Таблица 3

Площадь пруда в га	Посажено в пруд рыбы в шт.	Помечено рыбы		Продолжительность в днях от мечення рыбы до спуска пруда	Количество рыбы при спуске пруда		Ошибка в % к поштучному счету
		в шт.	в %		при поштучном учете	при вычислении с помощью меченых рыб	
0,25	20600	650	3,0	2	18581	17727	-4,6
0,50	15227	760	4,76	1	10425	29550	+183,6
1,00	30725	1500	4,65	2	26330	18750	-28,8

Наряду с другими вопросами мы считали нужным выяснить, отражаются ли особенности биологии разных видов осетровых рыб на точности рассматриваемого метода количественного учета. Для этой цели были проведены опыты с осетром, шипом, севрюгой и гибридом шип × севрюга. Результаты опытов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Вид рыбы	Площадь пруда в га	Посажено рыбы в пруд в шт.	Помечено рыбы		Количество рыбы при спуске прудов		Ошибка в % к поштучному учету	Продолжительность в сутках от мечення рыбы до спуска прудов
			в шт.	в %	при поштучном учете	при вычислении с помощью меченых рыб		
Гибрид	1,0	79850	2440	2,96	60589	100000	+65,0	1,5
Шип	0,5	44400	1300	2,84	33156	29545	-10,9	3
Севрюга	0,25	20600	650	3,00	18581	17727	-4,6	2
Осетр	0,25	24000	600	2,43	21280	16363	-23,1	4

Полученные данные можно сравнивать между собой, так как на основании предыдущего материала можно считать, что пребывание меченой молоди в пруду лишние двое суток существенно не меняет результатов количественного учета молоди, а колебание площади прудов от 0,25 до 1,0 га не имеет значения. При этом количество меченых рыб во всех случаях было почти одинаковым (от 2,5 до 3,0%).

Данные, полученные при сравнении величины ошибки для разных видов осетровых, очень мало сочетаются с биологией рыбы. Наибольшая разница ошибок получена для наиболее близких видов: севрюги (-4,6%) и гибрида шип × севрюга (+65,0%). Для более далеких по биологии рыб (шип, осетр, севрюга) получены значительно более близкие результаты (ошибка составила соответственно: -10,9; -23,1; -4,6%). Таким образом, и в данном случае нам не удалось подметить закономерного изменения ошибок.

Помимо разобранных вопросов, важно было также знать, какой процент рыб необходимо метить, чтобы получить достоверные результаты при количественном учете. Это один из основных показателей,

служащих критерием целесообразности применения данного метода в производстве. Если точный количественный учет возможен только при высоком проценте меченых рыб, то это может стать причиной, ограничивающей применение данного метода из-за большой его трудоемкости и потребности в большом количестве радиоактивного раствора.

В. И. Жадин и А. С. Трошин [2] рекомендуют метить 5—10% от общего количества рыбы. На наш взгляд, отлов и мечение 10% рыб, особенно при выпуске частика из нерестово-вырастных хозяйств сотнями миллионов штук, вряд ли будет реальным. Использовать метод «аналогий» при учете рыбы в прудовом хозяйстве мы считаем невозможным. Даже однотипные водоемы могут сильно отличаться по количеству рыбы в них, поэтому нельзя, утягивая продукцию одного пруда, распространить эти данные на все пруды. На осетровых заводах также трудно пометить большое количество рыбы, так как приходится метить крупную молодь весом 1,5—3,0 г.

Даже при 20—30-минутном выдерживании такой молоди в растворе температурой 20—25° плотность ее можно довести всего до 5—6 шт/л при постоянной аэрации. Поэтому высокий процент меченых рыб очень усложнит работу.

Увеличение количества радиоактивного раствора тоже нельзя считать целесообразным, так как это затруднит перенесение его от одного пруда к другому, хранение даже на протяжении нескольких дней и последующее захоронение.

Следует учесть также то, что одним и тем же раствором можно пользоваться очень непродолжительный срок, всего 3—5 дней. При проведении через раствор большого количества рыбы в нем накапливаются продукты обмена и при высокой температуре (23—26°) начинает быстро развиваться бактериальная флора. Количество минерального радиоактивного фосфора сокращается и раствор становится непригодным для целей маркировки. Такой случай наблюдался в наших опытах.

Радиоактивный раствор, приготовленный 18 июля с активностью 311 μ Сi/л, к 23 июля (по расчету) имел активность 244 μ Сi/л, а 26 июля — 211 μ Сi/л. В течение первых 5 суток (с 18 по 23 июля) при маркировке рыбы получалась сильная метка: 200—470 имп/мин. (табл. 5). Метка, полученная в растворе, простоявшем еще 3 суток без употребления (до 26 июля), оказалась очень слабой (29—59 имп/мин.), а часть рыбы не пометилась совсем.

Таблица 5

Средний вес меченой рыбы в г	Средняя длина меченой рыбы в см	Дата		Продолжительность в сутках от мечения до просмотра рыбы	Радиоактивность рыбы в имп/мин.		Превышение импульсов над фоном в %
		мечения	просмотра меченой рыбы		средняя	колебания	
2,32	9,6	18/VII	25/VII	7	196	136—322	196
3,73	11,2	18/VII	25/VII	7	284	200—396	284
2,20	9,5	23/VII	26/VII	3	467	106—903	467
—	10,7	26/VII	27/VII	1	29	3—72	30
—	10,7	26/VII	28/VII	2	59	31—103	50
—	10,8	26/VII	29/VII	3	44	0—131	27

Незначительное изменение активности раствора за счет распада P^{32} с 23 по 26 июля не могло так сильно изменить результаты мечения, поэтому происшедшие изменения следует объяснить связыванием фосфора микроорганизмами.

Приведенный пример свидетельствует о необходимости частой смены раствора, что еще больше усложняет работу. Поэтому метод количественного учета с помощью меченых рыб при массовом выращивании практически может быть доступен только при мечении небольшого количества рыб.

В наших опытах мы метили севрюгу. Полученные результаты характеризуются данными табл. 6.

Таблица 6

Помечено рыб в % от общего количества	Посажено рыб в пруд в шт.	Количество рыбы при спуске прудов		Ошибка в % к поштучному учету	Продолжительность в сутках от мечения рыбы до спуска прудов	Площадь прудов в га
		при поштучном учете	при вычислении с помощью меченых рыб			
3,0	20600	18581	17727	- 4,6	2	0,25
4,8	15227	10425	29550	+ 183,4	1	0,5
12,5	12530	8710	16363	+87,9	2	0,5

При более высоком проценте меченых рыб (12,5%) более точных результатов учета мы не получили.

Несмотря на попытки подойти к оценке метода, учитывая многие факторы, никаких закономерных отклонений в проценте ошибки нам подметить не удалось. В наших опытах колебания ошибки (по отношению к поштучному счету) оказались очень большими: от -28,8 до +183,4%. Даже суммарная ошибка по всему опытному материалу оказалась очень большой. Всего в опытных прудах при поштучном счете учтено 210448 шт., а по вычисленным данным — 263950 шт., т. е. разница составляет 53502 шт., или +25,4%. Учет с такой большой ошибкой на рыбоводных заводах, особенно осетровых, неприемлем. На наш взгляд, погрешность метода количественного учета на осетровых заводах не должна превышать 3%, иначе мы не получим ожидаемого возврата ценных промысловых рыб.

Не получив достаточно четкой и закономерной картины при биологических опытах, мы попытались дать оценку метода на основании математического анализа¹. Приводим только конечные результаты вычислений, полученные с помощью интеграла вероятности по теореме Лапласа.

Прежде всего дадим оценку ошибки, которая будет зависеть от того, поймает ли мы на одну меченую рыбу больше или меньше. Разберем это на следующем примере: в пруд посажено 70 тыс. шт. молоди на 1 га, выпущено из пруда 55 тыс. шт. с 1 га (отход 20%), помечено 3% рыб — 2100 шт., проверено под счетчиком 2% от посаженных в пруд — 1400 шт.

При идеальном перемешивании меченых и немеченых рыб разница в одну меченую рыбу даст ошибку конечного результата учета на 1,9%. При пробе в 1%, т. е. 700 шт., ошибка составит 3,8%, т. е. превысит желаемый результат точности для осетровых заводов (3%).

При отсутствии идеального перемешивания ошибка может быть еще больше. Например, в нашем опыте с гибридом (см. табл. 2) не-

¹ Все расчеты проведены при консультации Н. В. Шебалина.

долов одной меченой рыбы дает ошибку конечного результата на 7,7%.

Из приведенного материала видно, что идеального перемешивания меченых и немеченых рыб в прудах нет, поэтому всегда можно поймать на несколько рыб больше или меньше, что сильно исказит конечный результат.

Рассмотрим теперь основной вопрос: какова же вероятность работать с малым процентом ошибки даже при идеальном перемешивании рыб. Ниже приведены данные, характеризующие вероятность получения ошибки не выше определенной (на примере, приведенном выше).

Ошибка в %	1	2	3	5	10	15	20	30	50
Вероятность получения ошибки в % . . .	6	12	17	29	54	74	86	97	99

Из этих данных видно, что получить результат с точностью 3% маловероятно (17% случаев). Чаще могут быть получены результаты с ошибкой в 20—30% (86—97% случаев).

В нашем опыте (см. табл. 6) при наибольшем количестве меченых рыб (12,5%) и наибольшей пробе (3,2%) получилась очень большая ошибка (+87,9%). Вероятность получения результата с ошибкой не выше 3% при идеальном перемешивании в этом случае составляет всего 24%.

Разница в одну меченую рыбу при отсутствии такого перемешивания дает ошибку в 5,4%. Следовательно, не удивительно, что ошибка получилась такой большой.

Из приведенных данных видно, что при мечении 3—5% рыб, взятии проб для просмотра в количестве 1—2% нельзя получить достаточно точных результатов.

Можно вычислить, какой же процент рыб надо метить и какое количество следует брать для пробы, чтобы получить результат с ошибкой, не превышающей 3%.

Для принятых на Куринском рыбоводном заводе показателей работ (плотность посадки 70 тыс. шт/га, выход 55 тыс. шт/га) и мечении 5% рыб (3,5 тыс. шт/га) необходимо просмотреть 44 тыс. шт., т. е. 80% от всего выпускаемого количества, или при мечении 20% рыб (14 тыс. шт/га) необходимо проверить под счетчиком 8,8 тыс. рыб., т. е. 15% от всего выпускаемого количества. Безусловно, ни такой высокий процент мечения, ни такие огромные пробы для проверки не могут быть приняты производством, так как учет молоди с 1 га займет слишком много времени.

По нашему мнению, для осетровых заводов, где требуется более точный учет молоди, данный метод не может быть рекомендован.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Испытание метода количественного учета с применением радиоактивного фосфора на осетровом заводе показало, что данный метод не может быть рекомендован производству, где требуется большая точность учета.

Метод, рекомендуемый В. И. Жадиным и А. С. Трошиным, очевидно, приемлем в тех случаях, когда можно допускать ошибку до 20—25%.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Жадин В. И., Ильинская Н. Б., Световидов А. Н., Трошин А. С., Задачи и методы маркировки насекомых и рыб радиоактивными изотопами, Труды научной сессии, посвященной достижениям и задачам современной биофизики в сельском хозяйстве, АН СССР, 1955.
2. Трошин А. С. и Жадин В. И., Радиомаркировка рыба и шемаи как метод установления эффективности работы рыбцово-шемайного питомника, Труды проблемных и тематических совещаний Зоологического института АН СССР, т. VII, 1957.

**НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ МАССОВОГО МЕЧЕНИЯ МОЛОДИ ОСЕТРА
РАДИОАКТИВНЫМ ФОСФОРОМ***Г. С. КАРЗИНКИН, Е. В. СОЛДАТОВА, И. А. ШЕХАНОВА*

В связи с зарегулированием стока наших южных рек из естественного цикла воспроизводства осетровых выпал (или почти выпал) нерест в природных условиях. Процесс развития икры, выклев личинок и ранние этапы развития молоди, — все эти решающие моменты воспроизводства перенесены в искусственные условия заводского выращивания молоди.

В связи с переходом на подсобное выращивание возникла острая необходимость решения ряда вопросов, до этого не возникавших.

Так, некоторые научные работники [17, 22] и практики высказывали мысль о том, что молодь, выращенная в заводских условиях, особенно бассейновым методом, будет столь «тепличной», что утратит даже поисковый инстинкт и окажется не приспособленной к жизни в реке и море, т. е. обреченной на гибель. В связи с этим отрицалась необходимость постройки бассейнов [22] и проповедовалась необходимость выращивания молоди только в прудах, якобы лучше соответствующих природным условиям [3].

В результате возникших разногласий для условий Куры за основу был принят так называемый комбинированный метод [15], предусматривающий первоначальное выращивание личинок до навески 200—300 мг в бассейнах с последующим переводом в хорошо (в смысле кормовой базы) подготовленные пруды.

Однако вопрос о выживаемости молоди в природных условиях оставался открытым. Не ясно было, способна ли выращенная комбинированным методом молодь находить себе пищу в реке и море, не подавляется ли у нее при выращивании в стоячей воде инстинкт ската и не превращается ли она из проходной в туводную рыбу и т. д.

По аналогии с другими рыбами и исходя из экономических соображений [18], установили стандартную навеску выпускаемой с заводов молоди осетра в 2—3 г. Считалось, что у такой молоди будут достаточно высокие показатели выживаемости. В то же время при такой навеске можно выращивать большое стадо, не перегружая кормовой цех и не истощая кормовую базу прудов.

Таким образом, достижения в воспроизводстве осетровых рыб в заводских условиях ставились под сомнение ввиду отсутствия объективных доказательств выживаемости и поведения молоди в природных условиях.

Необходимые доказательства можно было получить только путем массового мечения молоди, выращиваемой на заводе.

Следя за молодой после выпуска ее, можно изучить ряд важных моментов ее биологии, например установить характер ската (скаты-

вается рыба косяками или в одиночку, спускается после выпуска сразу вниз по течению или некоторое время задерживается в реке, идет по тому или иному рукаву реки и т. д.), выяснить сроки начала питания в реке и в предустьевом пространстве, выявить передвижения молоди в водоеме (места нагула, зимовки и т. д.), определить если не абсолютную, то относительную выживаемость молоди различных навесок в реке и море и подойти к установлению научно оправданных стандартных навесок выпускаемой молоди.

В связи с этим перед нашей лабораторией еще в 1952 г. встал вопрос о необходимости проведения работ по массовому мечению молоди, причем это касалось не только молоди осетровых, выращиваемой на заводах, но и молоди полупроходных рыб, выращиваемой в нерестово-выростных хозяйствах [11].

Как указывалось в литературе [14], при механических способах мечения молоди наблюдаются значительные отходы ее ввиду травмирования. Даже при мечении взрослых рыб процесс этот настолько трудоемок, что количество меченых рыб по отношению к основному запасу оказывается весьма незначительным. Можно указать, например, что в северной Атлантике с 1925 по 1955 г. (т. е. более чем за 25 лет) 13 европейских стран поместили несколько более 500 тыс. рыб, а наша группа, применяя в качестве метки радиоактивный фосфор, с 1955 по 1958 г. (т. е. за 4 года) пометила на Куре одной только молоди осетра более 650 тыс. шт. и выпустила в море более 400 тыс. шт.

В 1958 г. на Куринском заводе молодь в последний раз поместили радиоактивным фосфором и провели наблюдения за этой молодью в реке и море. В этом же году М. П. Богоявленская пометила наиболее крупную молодь (3,8 г) Ca^{45} .

В настоящем сообщении подытоживаются данные, полученные за все эти годы.

Работа между авторами статьи распределялась следующим образом: И. А. Шеханова проводила массовое мечение молоди P^{32} , Е. В. Солдатов изучала питание молоди в прудах и предустьевом пространстве, Г. С. Карзинкин осуществлял общее руководство работами, изучал скорость ската и локальное распределение молоди в предустьевом пространстве.

Кроме того, в работе принимали участие директор Куринского экспериментального завода М. А. Касимов, работники рыбнадзора ст. инспектор Б. Зейналов, инспектора К. Алекперов, А. Алекперов, Л. Зейналов, лаборанты Б. И. Егоров и Е. Г. Сманцер и студенты МГУ О. Лесова и Л. Крастина.

МЕЧЕНИЕ МОЛОДИ ОСЕТРА

Исследования с применением радиоактивных изотопов, получившие широкое распространение в последние годы у нас и в зарубежных странах, свидетельствуют о том, что, используя радиоактивные вещества, можно найти новые, эффективные способы мечения молоди рыб на ранних этапах развития. Принцип маркировки животных, и в частности рыб, радиоактивными веществами сводится к тому, что животному вводится в тело избранный в качестве метки препарат и по присутствию в теле животного радиоактивных излучений меченое животное отличают от немеченого.

Специфика радиоактивной метки заключается в том, что она входит в состав органических веществ тела подопытного животного и принимает участие во всех процессах обмена. Радиоактивные изотопы по своим химическим свойствам не отличаются от стабильных изотопов того же элемента: они наравне со стабильными изотопами уча-

ствуют во всех процессах превращения, во всех химических реакциях, хотя благодаря физическим особенностям их эти реакции протекают с иной скоростью, чем с более легкими стабильными изотопами.

Длительность сохранения метки зависит, во-первых, от времени, в течение которого введенный элемент задерживается в организме животного. Если это вещество входит в состав костных элементов, характеризующихся невысокой интенсивностью обмена, то оно надолго задерживается в теле, а если поступает в ткани с высоким уровнем обмена (мышцы, печень), то быстро выводится из организма и в качестве метки служить не может. С другой стороны, длительность сохранения радиоактивной метки зависит от длительности периода полураспада изотопа и от дозы изотопа, вводимой в организм при мечении.

Мечение животных преследует самые разнообразные цели, и в зависимости от этого выбирают различные изотопы и способы их введения, но все же всегда, независимо от цели и объекта исследования, в разработку методики мечения включается ряд общих вопросов.

Несколько модифицируя соображения, высказанные по этому поводу Н. Б. Ильинской и А. С. Трошиным [9], мы такими общими вопросами считаем следующие:

- выбор изотопа по длительности периода полураспада и способности включаться в тело животного;
- нахождение наилучшего способа введения изотопа в организм;
- установление продолжительности нахождения изотопа в теле животного;
- учет воздействия выбранного изотопа на организм подопытного животного;
- определение оптимальных доз вводимого радиоактивного вещества (в смысле обеспечения четких и длительных показателей и минимального воздействия на организм);
- изучение возможного вредного влияния радиоактивной метки на человека при контакте его с мечеными животными.

Оставляя в стороне вопрос мечения радиоактивными изотопами ряда наземных животных, нужно отметить, что в последние годы появляется все больше работ, посвященных применению изотопов для мечения рыбы.

М. П. Богоявленская [1, 2], И. А. Шеханова [23, 25], В. И. Жадин, Н. Б. Ильинская, А. Н. Световидов и А. С. Трошин [8], В. С. Кирпичников, А. Н. Световидов и А. С. Трошин [13] и ряд других исследователей использовали в своих работах в качестве метки молоди рыб изотопы P^{32} и Ca^{45} . О. П. Данильченко [5, 6] указывает на возможность использования радиоактивного стронция Sr^{90} для мечения живых кормов и молоди осетровых рыб. Н. П. Рудаков [21] приходит к выводу о возможности применения для этой же цели радиоактивного цезия (Ce^{144}).

Опыты по изучению фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб с применением P^{32} [24] показали, что радиоактивный изотоп фосфора может быть с успехом использован в качестве метки молоди рыб на самых ранних этапах развития.

Радиоактивный изотоп фосфора (P^{32}) дает жесткое бета-излучение, максимальная энергия которого составляет 1,71 MeV. Период полураспада P^{32} 14,3 дня. За это время половина имеющегося радиоактивного фосфора в результате естественного процесса распадается и превращается в стабильную серу S^{32} .

Бета-частицы, испускаемые радиоактивным фосфором, легко могут быть обнаружены установками типа Б или дозиметром «Тисс», снабженными счетными трубками АС-1, АС-2, СТС-5, СТС-6, служащими для регистрации жестких бета-излучений. Может для этой цели применяться также «щуп» с торцевой трубкой МСТ-17.

Фосфор очень быстро усваивается молодой рыбой из кормов и из окружающей водной среды. Поэтому метить молодь рыб радиоактивным фосфором, так же как и некоторыми другими радиоактивными изотопами, можно четырьмя способами: инъекцией раствора под кровные ткани, в мышцы, полость тела и т. д.; введением радиоактивного раствора соли через рот в пищеварительный тракт рыб; введением изотопа в организм рыбы с живыми кормами, выращенными предварительно на субстрате, содержащем радиоактивный изотоп; путем помещения рыбы на некоторое время в раствор, содержащий в определенной концентрации соль радиоактивного изотопа.



Рис. 1. График проникновения фосфора из воды в тело молоди рыб:
1—каря; 2—осетра.

Для массового мечения молоди рыб на ранних этапах развития первые два способа мало приемлемы, так как они трудоемки и вызывают значительную гибель мелких особей.

Молодь костистых рыб удобно метить, выдерживая в воде, к которой добавляют в определенной концентрации раствор соли, содержащий фосфор-32. Так метили молодь рыба и шемаи в 1953 г. на рыбцово-шемайном питомнике [8].

Молоди осетровых рыб, выращиваемой на рыбоводных заводах комбинированным методом с применением живых кормов (дафний и олигохет), наиболее целесообразно вводить метку в период бассейнового выращивания через корма, в частности через олигохет, выдержанных на радиоактивном субстрате. Из во-

ды молодь осетра в отличие от молоди карпа [25] усваивает значительно меньше фосфора (рис. 1). Кроме того, в условиях рыбоводных заводов при высокой температуре воды опасно прекращать ток воды на 1—2 часа, с тем чтобы рыбки усвоили достаточное для метки количество фосфора. В этом случае очень быстро создается неблагоприятный кислородный режим и рыба гибнет от накапливающихся в воде продуктов обмена и слизи.

Можно также пометить мальков через дафний, но эффективность этого способа в смысле рационального использования препарата будет примерно в два раза ниже, чем при работе с олигохетами (рис. 2). Объясняется это тем, что при введении активного фосфора в организм олигохет мы смачиваем небольшое количество корма, которое они съедают очень быстро и практически полностью. В дафнии метку можно ввести, предварительно подращивая на растворе с радиоактивной солью фосфора культуру водорослей, а затем скармливая эту культуру дафниям.

Можно также добавлять раствор фосфора-32 в воду, в которой выращивают дафний. В этом случае радиоактивный фосфор будет усваиваться из воды бактериями [19], а через бактерии — и дафниями. Однако в обоих случаях большое количество фосфора не будет использовано по назначению, а останется в растворе и в неиспользованных водорослях и бактериях. Таким образом, препарат фосфора, вводимый через дафний, используется примерно на 50%, в то время как при введении через олигохет — на 95%.

Учитывая сказанное, при разработке методики массового мечения молоди осетра на рыбоводных заводах мы остановились на примене-

нии олигохет. При таком способе мечение идет по схеме: раствор радиоактивной соли фосфора — гидролизатные дрожжи, мучные сметки или иной корм олигохет — олигохеты — молодь осетра.

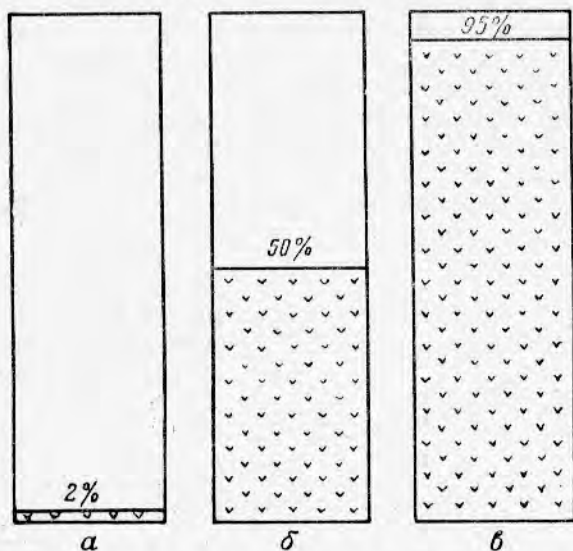


Рис. 2. Степень использования в % препарата радиоактивного фосфора мальками при их мечении:

а—через воду; *б*—через дафний; *в*—через олигохет.

При мечении молоди рыб радиоактивным изотопом фосфора прежде всего нужно установить необходимую исходную активность метки каждой рыбки. Опытами И. А. Шехановой было установлено,

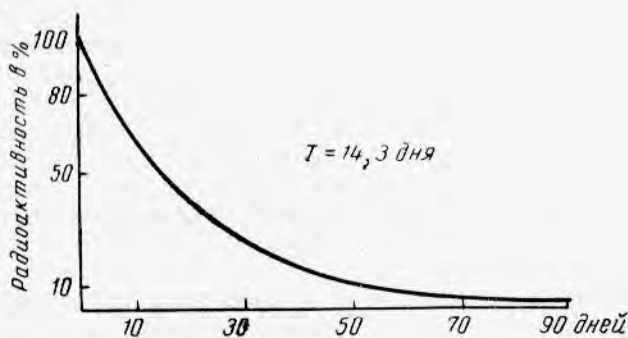


Рис. 3. Кривая естественного распада радиоактивного изотопа фосфора.

что фосфор из кормов быстро усваивается рыбами и, несмотря на короткий период полураспада ($T=14,3$ дня), задерживается в их теле на 2,5—3,0 месяца. Выделение его из организма за указанное время, при незначительном отношении меченого фосфора к немеченому, происходит в небольшом количестве, в основном же активность снижается за счет естественного распада согласно кривой, представленной на рис. 3. Зная исходную активность метки, которая выражается числом распадов в минуту и о которой судят по скорости счета, выражаемой числом импульсов в минуту, по этой кривой можно легко найти радиоактивность метки фосфором-32 на данное время.

Устанавливая величину исходной активности, следует помнить, что чрезмерное завышение ее может вредно сказаться на физиологическом состоянии подопытного животного. По длительности сохранения и по минимальной вредности для организма у молоди осетра весом 200—300 мг наиболее удобной исходной скоростью счета (активность метки) при работе с радиоактивным фосфором является 7500—10 000 расп/мин., что при регистрации с поверхности малька установкой, эффективность работы которой 20%, составляет 1500—2000 имп/мин.

Для достижения такой исходной активности на 100 тыс. личинок осетра весом около 200 мг необходимо затратить 60—65 мСi радиоактивного фосфора (1 мСi дает $2,22 \cdot 10^9$ расп/мин.).

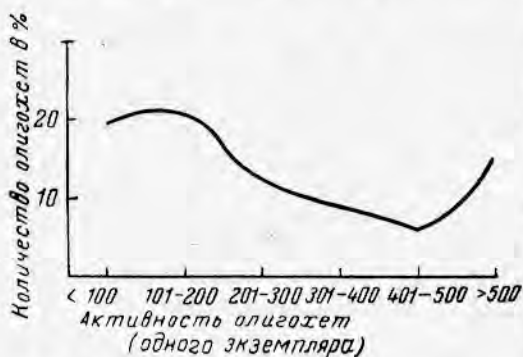


Рис. 4. Активность олигохет, выращиваемых в течение двух суток на корме, смоченном раствором P^{32} (весна 1955 г.).

Раствором радиоактивного фосфора, который употребляется в основном в виде двузамещенного фосфата натрия ($Na_2HP^{32}O_4$), смачивают 1—1,2 кг мучных сметок или 600—700 г гидролизатных дрожжей. В 5 стандартных ящиках размещают 5—5,5 кг олигохет и задают им корм, смоченный радиоактивным раствором. За 2—3 суток олигохеты поедают корм и усваивают из него радиоактивный фосфор, становясь, таким образом, мечеными.

Проверка под счетчиком олигохет, выращиваемых в течение двух суток на корме, смоченном радиоактивным раствором (рис. 4), показала, что активность большей части червей была около 200 имп/мин., примерно у 15% под счетчиком насчитывалось свыше 500 имп/мин. В среднем активность одного червя весом около 1 мг была 300 имп/мин. Проверка грунта после изъятия из него олигохет свидетельствует о том, что в них переходит свыше 95% радиоактивного фосфора.

Через 2—3 суток олигохет отбирают из ящиков обычным путем.

На первых этапах работы (в 1955—1956 гг.) мы отмывали олигохет от остатков земли водой, позднее (в 1957—1958 гг.) отказались от этого, так как при отмывке теряется часть меченых олигохет. Обычно из 5—5,5 кг посаженных в землю олигохет отбирают после выдерживания на радиоактивном субстрате около 3 кг. Часть червей остается в земле, а часть гибнет.

Личинки осетра, находящиеся в бассейнах, поедают олигохет и очень быстро усваивают из них радиоактивный фосфор. Проверка 20 шт. молоди осетра через 1 час после кормления первой порцией меченых олигохет показала, что четыре из них не съели ни одного червя и P^{32} в их теле не содержится, у четырех экземпляров активность составила до 100 имп/мин., у шести — от 100 до 400 имп/мин., у пяти — от 400 до 800 имп/мин. и у одного экземпляра — 1097 имп/мин.

Однократная дача меченого корма недостаточна, чтобы пометить более или менее равномерно всех мальков, находящихся в аквариуме или в бассейне, так как более сильные поедают больше корма, а некоторые вообще не успевают схватить ни одного червя. Данные проверки молоди осетра, однократно получившей меченых олигохет, приведены на рис. 5. Активность большей части мальков была менее 100 имп/мин. Этого явно недостаточно для проведения работ с меченой молодью в течение 2—2,5 месяцев. Наибольший эффект получается после четвертой или пятой порции (см. рис. 9).

Имеет также значение количество олигохет в каждой порции корма. Хорошие результаты получаются в том случае, когда в бассейн с 20 тыс. шт. молоди одновременно задают 200 г меченых олигохет.

Наличие радиоактивной метки может быть установлено у живых, зафиксированных в 4%-ном формалине и высушенных мальков (озолять рыбок не рекомендуется, так как при этом теряется часть фосфора ввиду образования летучих фосфорных соединений). При проверке живых мальков необходимо, чтобы они спокойно лежали под счетной трубкой. Для этого их надо укрепить на предметном стекле или на пластинке из органического стекла в области головы и в области хвостового стебля двумя мягкими резиновыми жгутиками. Для проверки радиоактивности мальков вынимали из воды, слегка подсу-

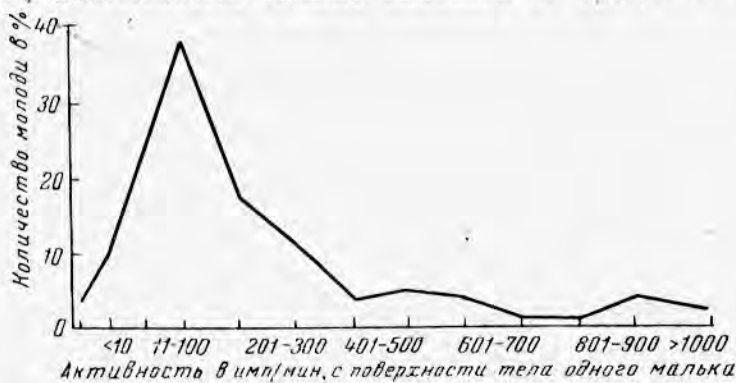


Рис. 5. Активность мальков после однократного кормления их олигохетами, мечеными фосфором-32 (весна 1955 г.).

шивали фильтровальной бумагой, помещали на предметное стекло под счетную трубку, а затем через 1—2 мин. выпускали обратно в воду.

Обычно при этом из 100 экземпляров весом 200—500 мг погибали 1—2 шт., среди более крупных мальков отхода не наблюдалось. Однако этот способ проверки живых экземпляров применяют лишь в тех случаях, когда рыбу выдерживают на заводе или в аквариумах и изучают длительность сохранения метки или какой-либо другой вопрос. В то же время для изучения питания молоди, выпущенной с завода, в реке и на взморье необходимо быстро фиксировать пойманных мальков в 4%-ном формалине. При совместном пребывании меченых и немеченых рыбок в растворе формалина в течение 12—24 час. искажения результатов не получается. Метка у зафиксированных рыбок обнаруживается очень легко. Рыбок перед проверкой вынимают из формалина, обсушивают фильтровальной бумагой и на предметном стекле помещают под счетную трубку.

Если при поимке в естественных условиях исследователя интересуют не вопросы питания и роста пойманных рыбок, а только наличие метки, то мальков можно высушивать на солнце или в сушильном шкафу и после этого проверять под счетчиком. При высушивании уменьшаются размеры проверяемой под счетчиком рыбки. Явление самопоглощения излучений, идущих от внутренних органов и тканей, частично снимается и регистрируемая активность соответственно возрастает. Это способствует более легкому отбору меченых рыбок от немеченых.

При проверке под счетной трубкой мальков и личинок осетра помещают спинными жучками вверх, так как в костной ткани концентрируется большое количество фосфора. Параллельная проверка личинок при положении их спинными и боковыми жучками к счетной трубке показала, что у одной и той же личинки (в среднем из 10 проверен-

ных) в первом случае насчитывает 1059 имп/мин., во втором случае— 899 имп/мин.

В начале работ по мечению молоди осетра весной 1955 г. была исследована длительность сохранения радиоактивной метки в теле мальков осетра. Выше мы указали, что она зависит от периода полураспада используемого изотопа и от характера обмена данного элемента в организме рыбы. Данные, полученные при изучении фосфорного обмена у молоди карпа и осетра, позволили предположить, что фосфор, однажды попавший из воды или с кормом в организм малька, задерживается в нем надолго. Выделяется он лишь в самых ничтожных количествах.

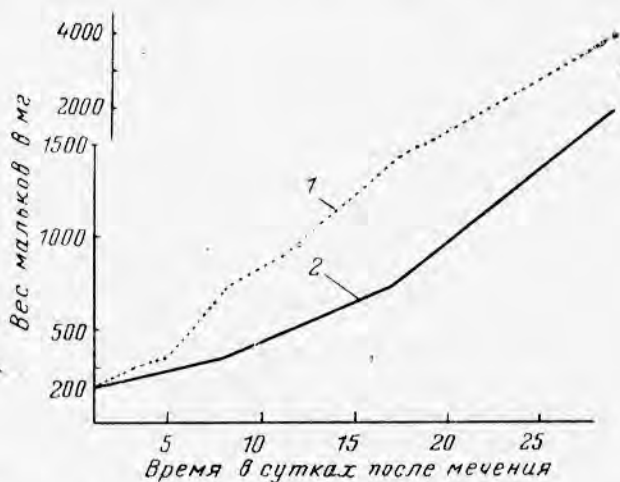


Рис. 6. Рост молоди осетра после мечения весной 1955 г.:
1—в рыбоводном тазике; 2—в пруду.

Для подтверждения этих данных весной 1955 г. при мечении молоди осетра на Куринском осетровом заводе 1 тыс. экз. осетра отсадили в рыбоводный тазик с периферийным стоком системы ВНИРО. Рыбу кормили дафниями и олигохетами и в течение месяца исследовали на содержание в их теле радиоактивного фосфора. Несмотря на весьма интенсивный рост молоди во время выдерживания в тазике (рис. 6), а в связи с этим и очень интенсивный обмен веществ, количество радиоактивного фосфора, регистрируемое с поверхности тела, изменилось весьма незначительно (рис. 7, данные приведены с учетом поправки на распад).

Метку вводили рыбкам весом 200 мг, а к концу опыта они достигли веса 4 г. Некоторое количество фосфора начало выделяться из организма и, кроме того, он распределился в большей массе тканей тела, в результате чего стал хуже улавливаться счетчиком. Для получения более точных данных необходимо высушивать мальков, измельчать их и проверять под счетчиком определенные навески с последующим пересчетом данных на вес всей рыбки.

Радиоактивный фосфор, введенный в тело молоди осетра в небольшом количестве, не оказывает отрицательного влияния на физиологическое состояние мальков. Темп весового и линейного роста меченых рыб по сравнению с немечеными не изменяется.

В качестве примера можно привести данные по росту молоди осетра в 1956 г. в бассейнах до мечения и после мечения (рис. 8).

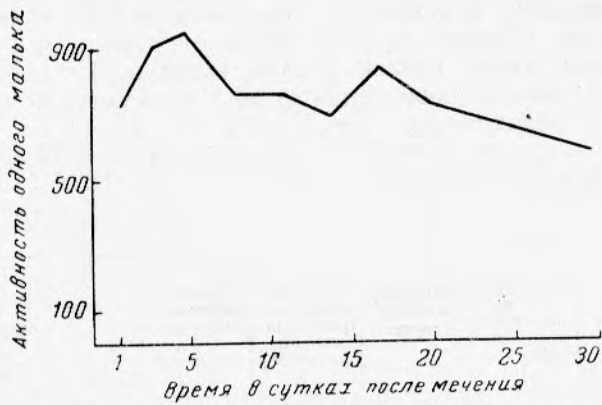


Рис. 7. Зависимость величины метки от времени, прошедшего с момента мечения (с учетом поправки на распад).

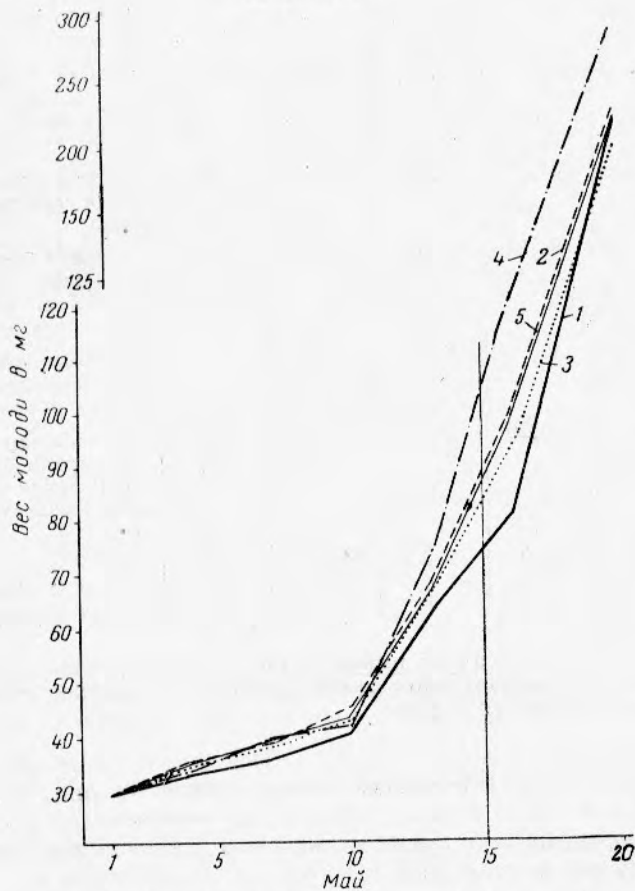


Рис. 8. Весовой рост молоди осетра до мечения и после мечения (с 15 мая) в 1956 г. в бассейнах: 1—№ 10; 2—№ 19; 3—№ 20; 4—№ 21; 5—№ 22.

Методику массового мечения молоди осетра фосфором-32 применяли на Куринском осетровом заводе в 1955—1958 гг. Всего за эти годы пометили 650600 мальков, по 100 тыс. рыбок в среднем в каждой партии. Метили рыбу в период выращивания ее в бассейнах перед высадкой в пруды. Обычно меченых олигохет давали молоди весом не меньше 200 мг и только осенью 1955 г., когда целью работы было выяснение выживаемости личинок весом до 100 мг, метили рыбу с момента перехода на активное питание.

Данные о расходе по годам радиоактивного препарата и меченых олигохет приведены в табл. 1.

Таблица 1

Год проведения работы	Израсходовано радиоактивного фосфора в мг Си	Скормлено меченых олигохет в кг	Помечено молоди осетра и пересажено в пруды	Средняя активность одной рыбки в имп/мин.*	Примечания
1955, весна . . .	85,7	2,68	96000	570	Земля хорошо освоена олигохетами, но резкое повышение температуры вызвало большой отход олигохет
1955, осень . . .	51,6	4,67	103851	865	Земля хорошо освоена, но высокая температура неблагоприятна для олигохет
1956, весна . . .	58,5	2,55	12604	769	Земля хорошо освоена, черви чувствуют себя хорошо
1957, весна . . .	86,34	3,50	94455	1809	Первая и вторая партии рыб. Земля хорошо освоена олигохетами, черви чувствуют себя хорошо
1957, весна . . .	49,2	6,17	66790	2212	Третья партия рыб. Ящики с землей используются вторично
1958, весна . . .	70,25	2,35	100000	506	Вторая партия рыб (первая партия была помечена Ca^{45}). Земля новая, олигохеты чувствуют себя плохо
1958, весна . . .	32,0	2,0	63000	321	Третья партия рыб. Ящики с землей используются вторично

* Среднюю активность одной рыбки вычисляли как среднее арифметическое из 100 проверенных под счетчиком экземпляров на следующий день после дачи последней порции меченого корма.

Анализируя табл. 1 и кривые, приведенные на рис. 9, видим, что хорошие результаты в смысле количества помеченных рыб, израсходованного препарата и активности меченых мальков получены осенью 1955 г. и особенно весной 1956 г.

В 1956 г. молодь метили в первой половине мая, когда температура воздуха была еще не очень высокая. Земля в ящиках с олигохетами не перегревалась, и черви чувствовали себя хорошо. Для мечения олигохет использовали землю, в которой длительное время выращивали червей, а это, как мы убедились позднее, имеет очень большое значение.

Наиболее неблагоприятные условия для мечения сложились весной 1955 г. и весной 1958 г. при мечении двух партий осетра. В 1955 г. для выдерживания олигохет было взято 12 ящиков. В них равномерно распределили раствор, содержащий $85,7 \text{ мСл Р}^{32}$, и поместили в каж-

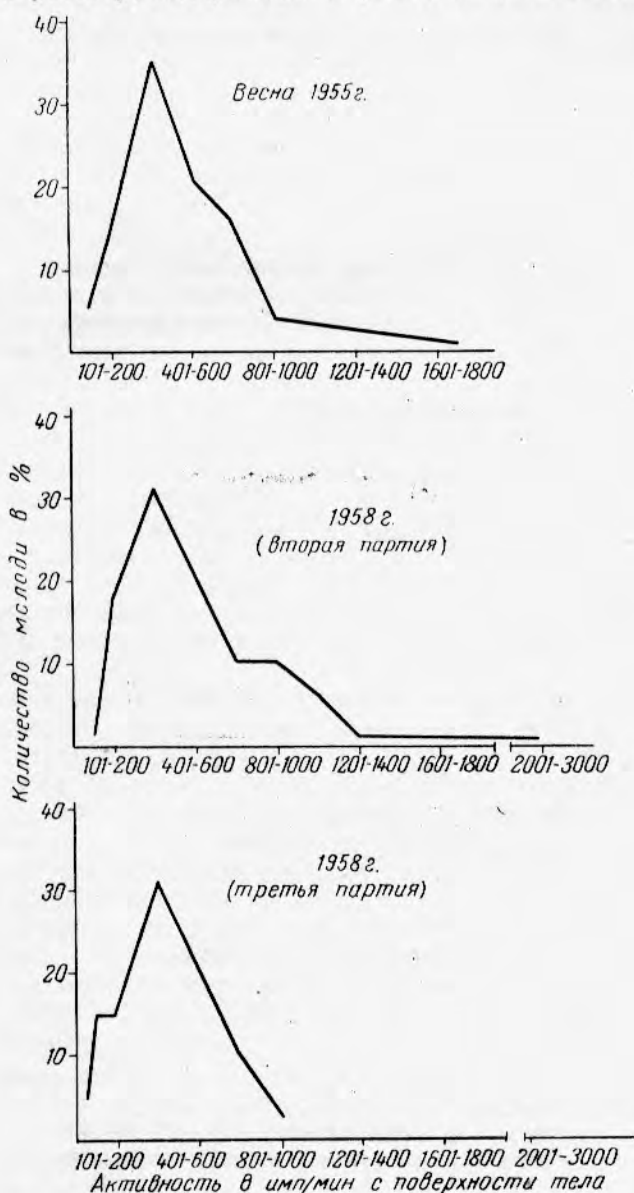


Рис. 9. Активность мальков осетра через сутки после окончания мечения фосфором-32.

дый ящик примерно по 1 кг олигохет. Работу проводили во второй половине мая, когда температура воздуха и земли уже достаточно высокая и в олигохетнике наблюдалась массовая гибель червей. Поэтому из 12 кг посаженных олигохет через двое суток было снято всего 2,68 кг.

Препарат был использован плохо, и рыбки оказались слабо помеченными. В среднем активность их составляла 570 имп/мин., а у основной массы мальков не превышала 300 имп/мин.

Весной 1958 г. необходимо было пометить и выпустить три партии молоди весом 2,0—2,5 г, 1 и 0,5 г. Первую партию М. П. Богоявленская пометила радиоактивным раствором Ca^{45} . Вторую и третью пар-

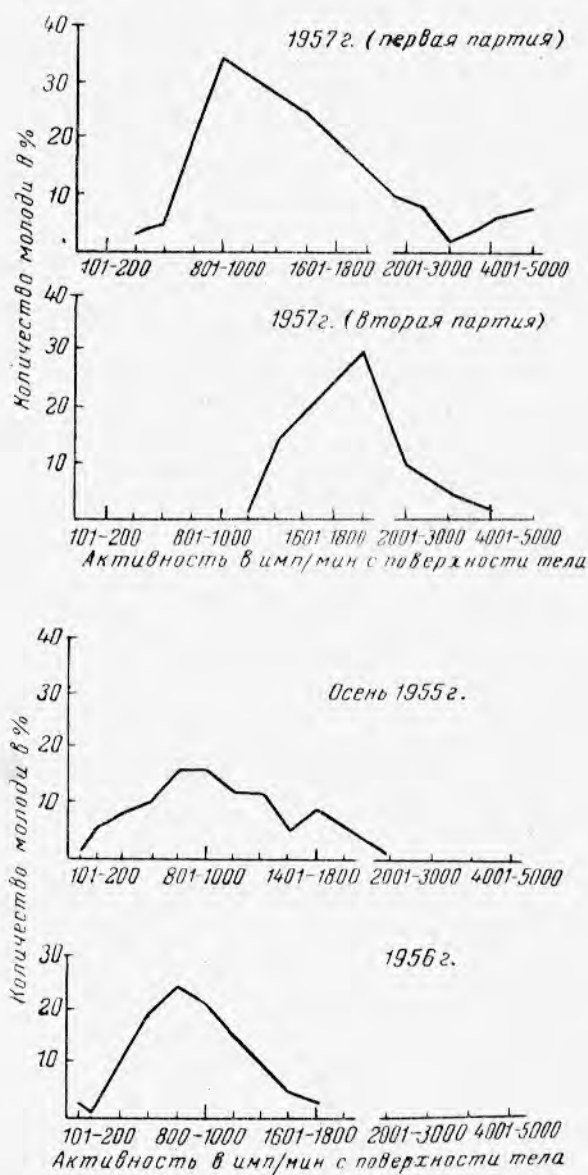


Рис. 9а. Активность мальков осетра через сутки после окончания мечения фосфором-32.

тии пометили радиоактивным фосфором через олигохет. Червей посадили в новую землю (не применявшуюся для выращивания), которую они осваивали медленно и плохо. Из посаженных в 4 ящика 4,5 кг и подсаженных через сутки еще 2 кг олигохет через двое суток было снято лишь 2,35 кг меченых олигохет. Мальки осетра в связи с этим оказались помеченными слабо и довольно неравномерно: у основной массы активность была 400—500 имп/мин., но встречались экземпляры с активностью до 3164 имп/мин.

Еще хуже обстояло дело с мечением третьей партии мальков. В земле, в которой выдерживали олигохет для мечения второй партии рыбок, осталось некоторое количество корма (мучных сметок), смоченного радиоактивным раствором, поэтому другую землю мы брать не стали, а добавили в имевшуюся землю 5 кг олигохет и свежие мучные сметки, смоченные раствором, содержащим 32 mCi фосфора. На этот раз олигохет поместили не на поверхности земли, как обычно, а непосредственно на лепешечки из мучных сметок. Корм черви частично съели, часть же его осталась. Снято было 2 кг меченых олигохет. Активность молоди осетра, получившей этих олигохет, в среднем через сутки после окончания мечения была 321 имп/мин. с отклонениями от 9 до 978 имп/мин.

Весной 1957 г. поместили три партии мальков. После выращивания в прудах их выпустили при средней навеске 2,73; 1,0 и 0,547 г. Мечение проходило в наиболее благоприятных условиях, так как погода была очень прохладная, температура земли сравнительно низкая (18—20°), и олигохеты хорошо развивались и брали корм. Кроме того, в нашем распоряжении было большое количество радиоактивного препарата. На первые две партии мальков израсходовали 86,34 mCi.

Ящики для выдерживания олигохет были наполнены старой, хорошо освоенной землей, поэтому отхода олигохет не наблюдалось, а между мечением первых двух и третьей партии они даже увеличились в весе. В первом случае сняли 3,5 кг олигохет и часть их оставили для мечения третьей партии.

При проверке молоди осетра под счетчиком через сутки после окончания мечения обнаружили, что активность одной рыбки в среднем около 1800 имп/мин., но у 8% помеченных рыб она превышала 5000 имп/мин.

При мечении третьей партии малькам скормили 6,17 кг олигохет. Активность каждого червя весом около 1 мг достигала 500—600 имп/мин., а активность молоди осетра через сутки после получения последней порции меченого корма в среднем составляла около 2000 имп/мин. с поверхности тела (активность отдельных экземпляров до 5000 имп/мин.). Величину активности мальков во всех трех партиях, помеченных в 1957 г., можно значительно снизить без ущерба для дальнейшего опознавания меченых рыбок.

Исходя из опыта четырехлетних работ на Куринском осетровом заводе, мы пришли к выводу, что для наиболее благоприятного мечения 100 тыс. экз. молоди осетра весом около 200 мг надо израсходовать 60—65 mCi радиоактивного препарата и отобрать и скормить малькам около 3 кг меченых олигохет.

Для решения основной задачи, т. е. выяснения возможности снижения стандартной навески выпускаемой молоди и повышения на имеющейся технической базе производственной мощности осетровых заводов, необходимо было метить не только однородную, но и разнородную по весу молодь.

При этом учитывали как биологические показатели поведения молоди и ее физиологического состояния, так и относительную выживаемость разноразмерной молоди в естественных условиях.

В первый год проведения работ (1955) сравнивали выживаемость меченой и немеченой молоди стандартного веса.

Как правило, помеченной молоди всегда было больше, чем выпущенной, так как после мечения ее некоторое время доразвивали в бассейнах или в прудах, где в зависимости от условий наблюдался больший или меньший отход ее.

В 1955 г. было выпущено 72500 меченых мальков осетра средним весом 2 г и 150 тыс. шт. немеченой молоди.

В 1956 г. было выпущено 82300 меченых осетров, но вдвое меньшей средней навески (1,07 г). К сожалению, немеченую молодь (103500 шт.) выпускали с завода без соблюдения синхронности с выпуском меченой, чем лишили нас возможности сравнивать выживаемость более мелкой меченой молоди и стандартной немеченой молоди.

Кроме того, с 1957 г. в строй вошел Усть-Куринский осетровый завод, с которого начали выпускать молодь в те же водные артерии. Поэтому мы вынуждены были переключиться на сравнение относительной выживаемости за данный отрезок времени только меченой молоди различного среднего веса.

В 1957 г. было выпущено 134284 меченых осетра трех весовых групп (2,7; 1,0; 0,5 г), а в 1958 г. — 181160 меченых мальков с несколько уменьшенным средним весом молоди третьей группы (0,3 г вместо 0,5 г). Мальки второй группы в среднем весили 1,2 г и первой группы — 3,8 г. Для молоди первой группы мы умышленно завысили среднюю навеску с учетом того, что все осетроводы признают лучшую выживаемость в природе крупной молоди.

Следовательно, если выживаемость молоди меньших весовых групп окажется хорошей, то это будет дополнительной гарантией производству от выпуска недостаточно жизнестойкой молоди, могущей дать большие отходы в природных условиях.

Для выяснения распределения молоди, скорости ее ската и т. д. в условиях предустьевого пространства и на морском побережье проводили ловы мальковой волокушей длиной 30 и 10 м с ячеей 8 мм и марлевой волокушей длиной 5 м. Для прибрежного лова в Куре применяли волокушу длиной 10 м. Для лова на стрежне так же, как и для лова в море на глубине 3; 5 и 10 м, применяли 5-метровый мальковый трал, а в 1958 г. — малую модель малькового трала Расса.

Данные по выпуску и вылову меченых мальков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Годы	Выпущено меченых мальков осетра	Навеска выпущенной меченой молоди в г	Поймано меченой молоди		Продолжительность облова в сутках
			в шт.	в %	
1955	72500	2	115	0,2	5
1956	82300	1,07	98	0,12	12
1957	134284	2,7—1,0—0,5	53	0,04	12
1958	181160	3,8—1,2—0,3	221	0,12	24
Итого	470244		487	0,12	53

В 1955 г. соотношение выпущенных меченых мальков к немеченым было 1:2. В предустьевом пространстве выловили 115 меченых осетров и 202 немеченых, т. е. соотношение изменилось мало и стало 1:1,7. Следовательно, отходов меченой молоди не наблюдалось.

РОСТ МЕЧЕНОЙ МОЛОДИ ОСЕТРА В ПРУДАХ

О росте меченой молоди можно судить по данным 1956 г., когда проводили сравнительное выращивание ее в прудах. Для этого часть личинок из одной партии икры поместили, а часть оставили немеченой и после предварительного подращивания в бассейнах до 208 мг пересадили в количестве 36827 шт. в пруд № 5 при плотности посадки 73654 шт/га.

В пруду № 17 плотность посадки меченой молоди на 1 га составляла 106300 шт. Выход меченой молоди оказался равным 32488 шт., а немеченой — 31217 шт. Несмотря на большую плотность посадки и больший абсолютный выход, присутствие в теле мальков радиоактивного фосфора на весовом росте не сказалось (рис. 10).

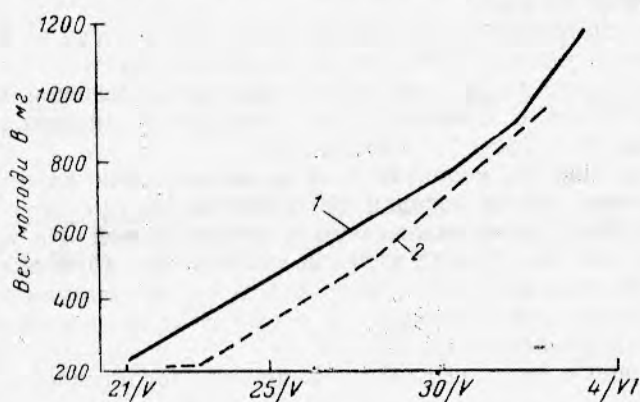


Рис. 10. Весовой рост молоди осетра в прудах в 1956 г.:
1—меченой; 2—немеченой.

Данные, характеризующие рост молоди в прудах, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Дата	Вес молоди в г								
	1955 г., пруд № 3	1956 г., пруд № 17	1957 г.				1958 г.		
			пруд № 11	пруд № 12	пруд № 18	пруд № 21	пруд № 2	пруд № 3	бассейн
Май, 21	—	0,232	—	—	—	—	—	—	—
22	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	0,770	—	—	—	—	0,253	—	—
Июнь, 1	—	0,918	—	0,300	0,258	—	—	—	—
2	—	1,138	—	—	—	—	—	—	—
3	—	1,19	—	—	—	—	—	—	—
4	—	Выпуск	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	0,538	0,455	—	0,752	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	0,144	—
11	—	—	0,362	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	1,719	0,360	0,120
13	—	—	—	1,033	0,650	0,310	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	1,950	0,557	0,131
19	—	—	0,621	1,894	0,927	0,600	—	—	—
21	2,0	—	0,619	—	—	0,656	3,087	1,024	—
22	Выпуск	—	Выпуск	—	—	Выпуск	—	—	0,256
24	—	—	—	2,73	1,063	—	3,791	1,034	0,326
25	—	—	—	Выпуск	Выпуск	—	Выпуск	Выпуск	Выпуск

Длина меченой молоди в начале выпуска, по контрольным пробам, в среднем составляла 63 мм, в то время как в пруду № 5 ко 2 июня она достигла 55 мм. Несколько лучшая упитанность молоди из пруда № 5 (коэффициент упитанности немеченой молоди 0,58, а меченой — 0,48) объясняется меньшей плотностью посадки.

Таким образом, мечение рыбы не оказало влияния ни на весовой, ни на линейный ее рост.

В 1955 г. систематически за ростом молоди в пруду не следили, но, судя по навеске молоди при посадке в пруд и выпуске из пруда, мы можем сказать, что за 29 дней выращивания вес меченой молоди увеличился в 10 раз, т. е. никакого замедления по сравнению с немеченой молодью в весовом росте не наблюдалось.

В 1957 и 1958 гг. меченую молодь выращивали до определенных навесок, поэтому сроки посадки ее в разные пруды не совпадали и продолжительность выращивания была неодинаковой. Но из всех прудов при всех навесках выход меченой молоди был хорошим — от 66 до 92,3%. Все это еще раз доказывает, что дозы, используемые нами для мечения, не оказывают влияния на рыбу. Это подтверждается также литературными данными [13, 7].

Вариационные ряды выпущенной молоди представлены следующими данными:

1956 г.

Вес в г.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Количество в шт.	1	4	3	2	14	11	36	
Вес в г.	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Количество в шт.	28	25	22	26	9	3	3	
Вес в г.	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2		
Количество в шт.	3	5	2	0	1			

$$M_a = 1,07 \text{ г} \quad \sigma = \pm 0,094$$

1957 г., первая группа

Вес в г.	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
Количество в шт.	4	7	5	8	3	6	4	4	
Вес в г.	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
Количество в шт.	1	3	1	3	1	2	1	1	
Вес в г.	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2
Количество в шт.	2	2	1	2	1	0	1	0	0

$$M_a = 2,73 \text{ г} \quad \sigma = \pm 0,06$$

Вторая группа

Вес в г.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Количество в шт.	27	21	23	8	10	6	6	1	3	7	3	

$$M_a = 1,0 \text{ г} \quad \sigma = \pm 0,09$$

Третья группа

Вес в г.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Количество в шт.	1	2	7	23	41	53	38	

$$M_a = 0,547 \text{ г} \quad \sigma = \pm 0,001$$

1958 г., первая группа

Вес в г.	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7		
Количество в шт.	1	4	1	3	0	5	3	3	3			
Вес в г.	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8
Количество в шт.	4	3	3	0	3	4	4	3	4	3	4	

Вес в г.	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
Количество в шт.	3	4	2	1	2	2	3	1	2	2	0	1	

Вес в г.	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1
Количество в шт.	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1	

$$M_a = 3,89 \text{ г} \quad \sigma = \pm 0,09$$

Вторая группа

Вес в г.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Количество в шт.	10	14	13	9	10	8	6	4	5	4	3	
	Ma = 1,237 г σ = ± 0,09											

Третья группа

Вес в г.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Количество в шт.	3	46	33	32	22	12	9	
	Ma = 0,349 г σ = ± 0,01							

Общие данные по выпуску меченой молоди осетра в 1955—1958 гг. приведены в табл. 4.

Таблица 4

Год выпуска	Весовые группы меченой молоди	Выпущено меченой молоди		Средний вес меченой молоди в г	Соотношение группировок
		в шт.	в % от общего количества выпущенной		
1955	—	72500	100	2,0	—
1956	—	82300	100	1,07	—
1957	I	24977	18,6	2,73	1,0
	II	44850	33,4	1,0	1,7
	III	64457	48	0,547	2,5
1958	I	49007	27	3,89	1,0
	II	50363	28	1,237	1,0
	III	81790	45	0,349	1,6

МЕТОДИКА УЧЕТА ГРУППОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ВЫЛАВЛИВАЕМОЙ МЕЧЕНОЙ МОЛОДИ

Как видно из приведенных данных, в течение двух лет (1957 и 1958 гг.) наблюдения вели над молодью различных весовых групп. При этом наиболее мелкая молодь отличалась от крупной не только весом, но и возрастом. В 1957 г. возрастной разрыв у крупной и мелкой молоди составлял около 12 дней, а в 1958 г. крупная молодь была старше средней на 9 суток и старше мелкой на 14 суток.

По отношению к продолжительности периода наблюдений (до 25 суток после выпуска в море) эти сроки весьма значительны, поэтому возможность выравнивания веса молоди исключается.

Молодь средней весовой группы в 1957 г. была одного возраста с более крупной молодью. Ее меньший средний вес является результатом худших кормовых условий в пруду.

В 1958 г. возрастной разрыв у молоди первой и второй весовых групп был около 9 суток, поэтому возможность выравнивания веса также была маловероятной.

Это положение подтвердилось мечением крупной молоди Ca^{45} и средней — R^{32} , т. е. хорошо отличными метками с мягким и жестким бета-излучением.

Вариационные ряды с небольшим значением σ свидетельствуют о реальности выбранных весовых группировок. Изменчивость рыб в той или иной выращенной партии, конечно, была больше, чем это отражено в приведенных рядах. Так, среди рыб второй весовой группы встречались как тугорослые, с небольшим весом рыбы, так и более крупные. В первой группе также были тугорослые рыбы, а в третьей некоторые экземпляры подходили по весу ко второй группе.

При составлении вариационных рядов и расчете соотношения молоди по весовым группам мы учитывали эти моменты.

Во всех случаях, когда за данный день лова добывали достаточное количество меченой молоди (20 шт. и более), строили вариационный ряд, дававший, как правило, двух- или трехвершинную кривую. В первом случае выпадали чаще всего представители третьей группы.

Если выравнивание веса молоди разных групп маловероятно, то рост молоди в предустьевом пространстве происходил и сопровождался смещением средних весов и всего ряда во времени от более низких показателей к более высоким.

Средняя и мелкая молодь в какой-то момент достигала и затем превосходила по весу крупную молодь при ее выпуске. Разобраться в этом вопросе нам помогли наши наблюдения 1955 и 1956 гг. за ростом одновозрастной (и одноразмерной) меченой молоди в предустьевом пространстве Куры.

Как видно из рис. 13, в море молодь росла так же интенсивно, как и в прудах с хорошо подготовленной кормовой базой. Каких-либо резких снижений или увеличений прироста веса рыбы не наблюдалось. В случае неясности групповой принадлежности рыб, например при малом количестве рыб в суточном улове, когда нельзя было построить вариационный ряд, зная ход прироста рыб по кривой, можно определить примерный вес пойманной молоди в момент ее выпуска, а отсюда и групповую принадлежность.

Таким образом, методика установления принадлежности пойманных рыб к той или иной весовой группе сводилась к составлению при выпуске молоди вариационных рядов веса рыб с отнесением крайних вариантов в соответствующие им по характеристике весовые группы. Этим достигнута хорошая разграниченность весовых группировок с малой величиной квадратического отклонения. При больших суточных уловах составляли вариационную кривую, по которой устанавливали количество рыб, принадлежащих к той или иной весовой группе.

При затруднении с установлением принадлежности выловленной рыбы к определенной весовой группе анализировали кривую весового роста рыбы для установления возможного ее веса в момент выпуска, а следовательно, и групповой ее принадлежности.

В 1958 г. проверили применяемую нами методику путем мечения молоди различных весовых групп (первой и второй) неодинаковыми по энергии излучения изотопами (P^{32} и Ca^{45}). Проверка дала положительные результаты, т. е. подтвердила правильность нашей методики.

СКАТ МОЛОДИ ПО КУРЕ

Скат осетровой молоди в Куре изучал Я. И. Гинзбург [4], установивший зависимость ската от скорости речного потока. При мощном паводке, наблюдавшемся в 1952 г., молодь скатывалась в море в личиночной стадии. В другие годы, при меньших скоростях течения, этого не наблюдалось.

Молодь в реке распределяется между мелководьем и фарватером, между отмелым берегом и центральной зоной плеса, на глубине 1,5—2 м. Скатываясь, она в этих участках питается, придерживаясь в основном плотных песчано-илистых или песчаных грунтов. В местах, особо богатых кормом, молодь задерживается. У такой молоди, по мнению Я. И. Гинзбурга, скорость ската определяется уже не скоростью течения, а поведением самих мальков.

По нашему мнению, скорость ската несомненно тесно связана со скоростью течения. Кура, как известно, характеризуется большими скоростями течения. Средняя многолетняя скорость течения в районе,

близком к нашему (у Сальян), составляет 2300—2500 м/час, или 0,65—0,7 м/сек.

В 1956 г. ко времени выпуска молоди с завода (в начале июня), по сведениям Главного управления гидрометеорологической службы, водность Куры и ее притоков была в 1,3—2 раза выше нормы. Приток воды был на 235 м³/сек больше, чем в июне 1955 г. Средняя скорость течения Куры в момент выпуска молоди была 1,0—1,09 м/сек.

В 1957 г. средняя скорость течения Куры была несколько ниже, чем в 1956 г., — 0,74—0,73 м/сек. Данных по скорости течения Куры за 1958 г. у нас нет, но, видимо, она была близка к скорости течения в 1956 г. и к среднеголетней.

В 1955 г. молодь выпускали из прудов по сбросным канавам, соединявшимся с рекой ниже завода за излучиной, которую делает в этом месте Кура. В результате этого молодь попадала в зону с замедленным течением и имела возможность подниматься вверх вдоль мелководного берега. В 1956 г. молодь выпускали по верхнему сбросному каналу, поэтому она попадала сразу на стрежень у подмытого берега. Кроме того, особенностью 1956 г. был выпуск более мелкой молоди (средний вес 1,07—1,2 г). В 1957 и 1958 гг. выпускали молодь трех размерных групп.

В 1955 г. лов тралом был начат через двое суток после выпуска в 2 и 7 км от сбросной канавы вверх по течению. В уловах в 2 км выше сбросной канавы поймали 4 малька, из которых два оказались мечеными.

В 1956 г., по-видимому в результате меньшего веса молоди, большой водности и больших скоростей течения Куры, а также особенностей мест выпуска молоди или в результате совокупности всех этих факторов, лов вверх по течению через двое и четверо суток после начала выпуска оказался неудачным.

В низовьях Куры и на взморье в 1956 г., исходя из опыта предыдущего года, молодь начали ловить значительно раньше (по отношению к сроку выпуска).

Первые два малька осетра были пойманы через 19 час. после начала ската, на расстоянии 8 км от места выпуска. Однако эти мальки могли быть выпущены в более поздние сроки и тогда это расстояние было пройдено ими за 4 часа 30 мин. Исходя из этого, скорость ската мальков в 1956 г. в реке Куре может быть определена в пределах 410—1800 м/час.

Скорость ската молоди в 1957 г. уточнить не удалось. Ее выпускали в два срока — 22 и 25 июня. 23 июня в предустьевом пространстве Куры молодь не обнаружили. Первые экземпляры были пойманы 26 июня почти через девять часов после окончания выпуска второй партии молоди. Но эта молодь также могла быть выпущена ранее.

В 1958 г. первых мальков поймали в устье Зюйд-Остового рукава через 18 час. 15 мин. после выпуска первой партии. За это время они прошли расстояние 20 км и скорость ската составила 1102 м/час, или 0,3 м/сек. Но в это время в предустьевом пространстве могли находиться мальки более позднего выпуска, тогда скорость их могла быть 1800 м/час, или 0,5 м/сек. Таким образом, в 1956 и в 1958 гг. выпускаемая с завода молодь достигала предустьевого пространства в течение суток, покрывая за это время расстояние около 20 км.

Данные по скорости ската молоди приведены в табл. 5.

Как видно из приведенных в табл. 5 данных, скорость ската молоди в верхних пределах в 1956 и 1958 гг. довольно близко совпадала. К сожалению, у нас нет данных по скорости течения Куры в 1958 г., но, видимо, она была несколько больше, чем в 1956 г., так как нижний предел скорости ската молоди по Куре в 1958 г. выше, чем в 1956 г.

Таблица 5

Годы	Средняя скорость течения Куры ¹		Скорость ската молоди осетра	
	в м/сек	в м/час	в м/сек	в м/час
1955	0,65	2340	—	—
1956	1,09	3924	0,113—0,5	410—1800
1957	0,74	2664	—	—
1958	—	—	0,3—0,5	1102—1800

¹ Среднемноголетняя скорость течения Куры 0,65 — 0,70 м/сек, или 2340—2520 м/час.

Скорость ската молоди по Куре довольно большая, но все же она меньше, чем скорость течения Куры.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЧЕНОЙ МОЛОДИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Для выяснения распределения молоди проводили систематические обловы в Куре, предустьевом пространстве и в море, по побережью и на глубине 3; 5 и 10 м. Район лова простирался от Норд-Остового (Главный банк) до Зюйд-Остового рукава (Судоходный банк), заходя на 4 км на север и на 7—9 км к югу. В 1958 г. были обследованы глубины 3, 5 и 10 м в районе от Зюйд-Остового рукава до Сальянского рейда.

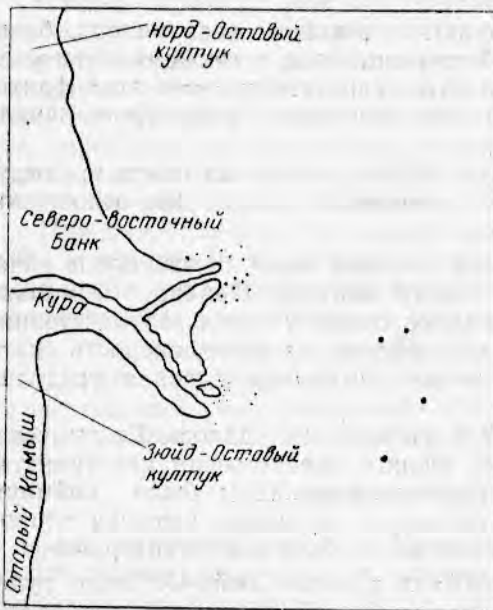


Рис. 11. Схема распределения меченой молоди осетра в предустьевом пространстве Куры в 1955—1958 гг.

Наибольшее количество молоди поймано 30-метровой волокушей в предустьевом пространстве прибрежной зоны (за 181 притонение поймано 375 мальков). В 1955, 1957 и 1958 гг. молодь скатывалась главным образом по Судоходному рукаву, а в 1956 г.—по обоим рукавам, что связано, по-видимому, с большой водностью Куры. Большая концентрация ее на единицу площади наблюдалась в районе Норд-Остового рукава.

Схема распределения молоди за все годы показана на рис. 11. Из нее видно, что мо-

лодь сосредоточивается в районе мелководья, примыкающем к двум основным рукавам Куры.

В первые два-три дня после ската молодь обитает в районах, близко примыкающих к основному стрежню рукавов, с пресной или слабо осолоненной водой (табл. 6).

За все время наших наблюдений (1955—1958 гг.) меченая молодь осетра распространялась по северо-западному побережью от Главного рукава до зоны более постоянного осолонения (10‰ и выше), т. е.

Годы	Соленость воды в прибрежной зоне на станциях												
	правого берега					левого берега							
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8
Главный банк													
1956	0,4	—	7,7	5,04	8,77	8,13	7,37	—	12,20	—	—	—	—
	11,23												
1957	4,18	8,19	—	9,32	—	—	12,51	12,08	—	7,24	12,06	10,45	10,67
		10,67											
1958	—	—	—	—	—	7,76	8,64	—	—	—	—	—	—
Судоходный банк													
1956	—	—	—	—	—	—	—	9,63	2,56	—	—	5,29	—
									11,42			11,59	
									11,44				
1957	—	—	—	—	—	5,40	11,59	5,12	1,77	—	4,13	—	—
											7,88		
1958	—	—	—	—	—	2,41	12,41	—	—	—	12,34	—	—
						13,36	12,13				8,47		

- Примечание. 1. В глубоководной зоне в 1958 г. на ст. 1 (глубина 5 м) соленость была 11,68‰, на ст. 2 у поверхности 10,78 и у дна 12,25‰.
2. Повторные результаты на одной и той же станции относятся к разным датам.

района с более устойчивыми показателями солености и значительной прозрачностью в связи с прекращением воздействия мутных вод Куры. Мы специально характеризуем эту зону, так как благодаря значительной выравненности береговой линии на соленость сильно влияет волновая деятельность моря и во время нагонных ветров соленая вода доходит почти до устья реки.

Таким образом, молоди, обитающей здесь, приходится испытывать значительные колебания солености. Мы вылавливали молодь в пресной воде и в воде соленостью до 13,36‰, являющейся результатом ветрового нагона морской воды. Резкие колебания солености (от 0,4 до 11,23‰ и от 2,41 до 13,36‰) наблюдались даже на одной и той же станции, но меченую молодь вылавливали во всех случаях. В 1958 г. в прибрежной зоне Главного рукава ни в пресной, ни в осолоненной воде молодь не была обнаружена.

В прибрежной зоне Судоходного рукава молодь распространялась в течение 1955—1958 гг. на север лишь до протока «Куренок». За этим протоком даже в опресненной воде, несмотря на систематические ловы, молодь не ловилась.

В 1958 г. впервые производили лов в районе Судоходного рукава вблизи Сальянского рейда в прибрежной зоне, но молоди не обнаружили. Ловилась молодь на расстоянии от 10 до 600 м от берега, в основном на глубине менее 1 м. Глубинные разрезы показали, что молодь встречается на глубине до 5 м. На 10-метровой глубине молоди не было. В основном она придерживается плотных песчано-илистых грунтов, иногда песчаных, очень редко встречается на мягких илистых грунтах, образованных так называемым баттаком. По-видимому, она охотно держится в имеющихся на мелководье небольших зарослях зостеры.

ПИТАНИЕ И РОСТ МОЛОДИ ОСЕТРА В ПРЕДУСТЬЕВОМ ПРОСТРАНСТВЕ КУРЫ

Наши данные по питанию молоди осетра в предустьевом пространстве Куры после выпуска с завода в июне — июле 1955—1958 гг. показали, что молодь переходит на питание естественной пищей сразу же после выпуска из прудов.

У мальков, пойманных в 8—12 км от завода ниже места выпуска, пищевой комок состоял из мелких мизид размером 1,2 мм.

В предустьевом пространстве Куры в течение всего периода наблюдений преобладающей пищей по частоте встречаемости и весу были гаммариды. В желудках молоди, пойманной близ устья, найдены *Pontogammarus robustoides* (Grimm) и *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald). Молодь осетра, пойманная в прибрежной зоне предустьевого пространства, питалась *Pontogammarus sarsi* (Sowinsky) и *P.*

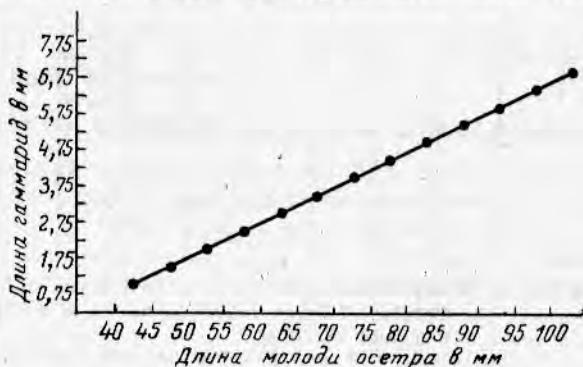


Рис. 12. Соотношение размеров молоди осетра и гаммарид в 1956 г.

abbreviatus (G. O. Sars). Размеры гаммарид колебались от 0,75 до 9 мм, причем более крупная молодь потребляла и более крупных гаммарид (рис. 12).

Существенную роль в питании молоди в предустьевом пространстве играли мизиды: *Paramysis intermedia* (Czern.), *Mesomysis kowalewskyi* (Czern.), *Metamysis grimmeri* (G. O. Sars) и *Paramysis baery* (Czern.). Другие организмы (циклопы, диаптомусы, личинки хирономид и кумовые) встречались очень редко.

По данным 1955—1958 гг., гаммариды в предустьевом пространстве составляли в среднем 91—94% от общего количества потребляемой пищи, мизиды — всего 5,6—9% пищевого рациона мальков осетра.

Средние частные индексы по гаммаридам колебались от 131,2 в 1955 г. до 285,3 в 1956 г., по мизидам — от 9,9 до 18,4. Высокие индексы и степень наполнения желудков и кишечника у меченой молоди осетра свидетельствуют об интенсивном питании молоди в предустьевом пространстве (табл. 7).

Наши данные хорошо согласуются с данными Б. М. Эпштейн [26], отметившей, что молодь осетра в Куре и предустьевом пространстве питается более или менее сходно, но интенсивность питания в предустьевом пространстве выше, чем в Куре. На самых ранних стадиях развития молодь переходит на питание бентосом. Основу ее пищи составляют также гаммариды (в среднем 69% от общего количества потребляемой пищи). Мизиды в 1951 г. играли в питании молоди осетра большую роль, чем в 1955—1958 гг., и составляли 30,8% пищевого рациона молоди.

Таблица 7

Год	Место вылова	Общий средний ин- декс напол- нения же- лудка	Гаммариды		Мизиды		Хировомиды	
			частный индекс на- полнения	%	частный индекс на- полнения	%	частный индекс на- полнения	%
1951*	Предустьевое пространство	292,01	203,11	69,2	88,90	30,8	—	—
1955	Предустьевое пространство	141,1	131,2	92,2	9,9	7,8	—	—
1956	Пруды	209,2	—	—	—	—	110,4	52,77
1956	Предустьевое пространство	299,2	285,3	94	12,78	5,6	0,09	0,06
1957	То же	204,9	186,5	91	18,4	9,0	—	—
1958	"	207,3	195,3	93,8	12,0	6,2	—	—

Продолжение

Год	Место вылова	Дафния магна		Циклопы		Прочие организмы**	
		частный индекс на- полнения	%	частный индекс на- полнения	%	частный индекс на- полнения	%
1951*	Предустьевое пространство	—	—	—	—	—	—
1955	Предустьевое пространство	—	—	—	—	—	—
1956	Пруды	98,7	47,18	0,1	0,05	—	—
1956	Предустьевое пространство	—	—	—	—	1,03	0,34
1957	То же	—	—	—	—	—	—
1958	"	—	—	—	—	—	—

* Естественная молодь, по данным Б. М. Эпштейн [26].

** К прочим организмам отнесены диапомусы, кумовые, встречающиеся в желудках молоди из предустьевого пространства в ничтожных количествах.

Величина общих средних индексов наполнения желудков молоди осетра по группам приведена в табл. 8.

Таблица 8

1957 г.			1958 г.		
Группы молоди	Средний вес в г	Индекс наполнения	Группы молоди	Средний вес в г	Индекс наполнения
Первая	2,73	179	Первая	3,89	170
Вторая	1,0	203	Вторая	1,24	210
Третья	0,547	225	Третья	0,35	225

Из табл. 8 следует, что относительная накормленность рыбы оказывается тем выше, чем к более мелкой весовой группе относится рыба; с другой стороны это свидетельствует о том, что кормовая база в

предустьевом пространстве в период наших исследований не была лимитирующим фактором.

По данным Е. Н. Куделиной [16], в 1950 г. комплекс Gammaridae располагался в самой мелководной зоне на песчаных грунтах, начиная от заплеска и до глубины 2 м. В прикуринском районе зона, занятая комплексом Gammaridae играет, как мы видели это выше, основную роль в биологии скатывающейся молоди.

По данным за 1936—1938 и 1950 гг. и по нашим наблюдениям в 1955—1958 гг., молодь, скатывающаяся по Куры, держится в мелководной зоне предустьевого пространства до изобаты 2 м. В комплексе этой зоны основными видами являются гаммариды: *Pontogammarus sarsi* (Sowinsky), *P. robustoides* (Grimm), *Gammarus compressus* (Sars), *G. macrurus* (Sars), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald). Из мизид встречены *Metamysis strauchi* (G. O. Sars), *Mesomysis kowalewskyi* (Czern.), *Mesomysis intermedia* (Czern.), *Paramysis baeri* (Czern.), из кумовых — *Pseudocuma pectinata* (Sowinsky), *Stenocuma gracilis* (G. O. Sars), но и мизиды и кумовые были очень немногочисленны. Кроме ракообразных, в этом комплексе изредка встречаются *Nereis diversicolor*, *Oligochaeta*, но они также малочисленны.

Биомасса этого комплекса в марте 1951 г. составляла 2,5, в июне 1951 г. — 2,3, в январе — 0,3 г/м². По нашим данным за 1957 г., биомасса бентоса в июне была значительно ниже, чем в 1951 г., и колебалась от 0,1 до 0,6 г/м².

Бентосные пробы брали в предустьевом пространстве обоих рукавов на станциях лова молоди в прибрежной зоне, на глубинах, не превышавших 1 м, и на расстоянии от берега не более чем 50 м. С этой целью использовали обыкновенный скребок, обшитый газом № 115. На каждой станции брали по четыре скребка с определенной площади. Пробу фиксировали 4%-ным формалином, разбирали, определяли до вида и количество организмов пересчитывали на 1 м². Результаты исследований приведены в табл. 9.

Таблица 9

Предустьевое пространство Главного рукава				Предустьевое пространство Судоходного рукава			
дата	номер станции	биомасса бентоса в г/м ²	грунт	дата	номер станции	биомасса бентоса в г/м ²	грунт
26/VI	1 (правый берег)	0,3	Илистый песок	29/VI	3	0,05	Песчаный
				29/VI	6	0,14	"
5/VII	1	0,14	Песчаный				
5/VII	4 (левый берег)	0,6	Песчаный ил	1/VII	1	0,1	Илистый песок
5/VII	6	0,4	То же	1/VII	3	0,02	Песчаный
				1/VII	6	0,13	"
				10/VII	1	0,13	Илистый песок

По последним данным Н. Н. Романовой [20], биомасса основных кормовых организмов была следующей: Gammaridae 0,4 г/м², Corophiidae 0,5 г/м² и Cymatocera 0,3 г/м². Наши данные, полученные в 1957 г. в самой мелководной зоне предустьевого пространства Куры, очень близки к данным, полученным Н. Н. Романовой на глубинах 5 м и больше.

Н. Н. Романова в своей работе не приводит видового состава гаммарид, поэтому мы не можем сопоставить качественный состав орга-

низмов. Однако ее данные о распределении бентоса свидетельствуют о том, что кормовые площади молоди осетра распространяются до значительных глубин, в силу чего подросшая молодь может не только рассредоточиваться вдоль морского побережья, но и уходить на большие глубины.

Рост молоди в предустьевом пространстве Куры хорошо иллюстрируется материалами 1956 г. Из рис. 13 видно, что в предустьевом про-

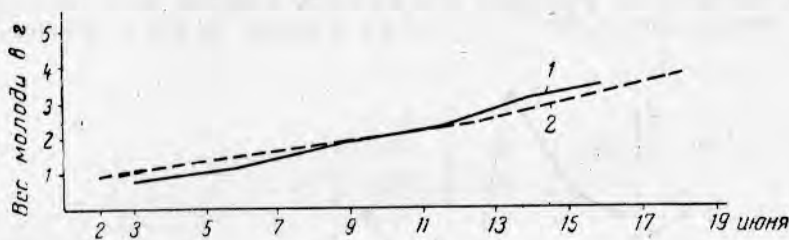


Рис. 13. Весовой рост молоди осетра в 1956 г.:
1—в предустьевом пространстве (меченая); 2—в пруду (немеченая).

странстве молодь росла не хуже, чем в прудах с хорошо подготовленной кормовой базой. Молодь выпускали в Курю при достижении среднего веса 1,2 г. За две недели в предустьевом пространстве вес ее почти утроился. В 1957 г. в Курю была выпущена молодь трех размерных групп. Общий средний вес ее был 1,4 г. Изменение весовых и размерных показателей меченой молоди в 1957 г. в предустьевом пространстве показано на рис. 14, но делать по нему вывод о полной кар-

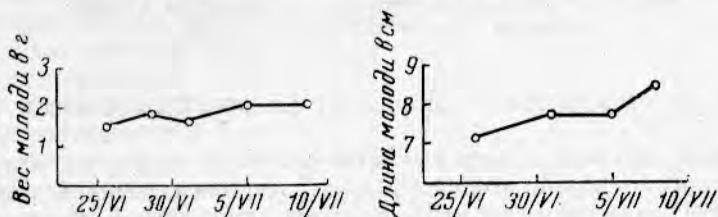


Рис. 14. Вес и размеры меченой молоди осетра в предустьевом пространстве Куры в 1957 г.

тине роста нельзя из-за различного размерного состава рыб при их выпуске.

В 1958 г. также выпускали молодь трех размерных групп, общий средний вес которой составлял 1,82 г.

Общей картины роста молоди, как и в 1957 г., мы не получили в связи с тем, что выпускали молодь, очень разнородную по весовому составу. С 26 июня по 1 июля, т. е. за 5 дней, средний вес выловленной молоди увеличился почти в 1,5 раза (рис. 15). Пунктирной линией на рис. 15 показано снижение среднего веса отловленной молоди. По-видимому, в это время к побережью предустьевого пространства подошла молодь второй группы, а молодь первой группы отошла на более глубокие места. Молодь третьей группы ловилась единичными экземплярами, поэтому проследить за характером ее роста мы не могли.

Не исключена возможность, что при скате молоди по Куре мелкая молодь выносятся течением сразу на стрежень в море. Об этом свидетельствует тот факт, что при тралении в море на стрелке в 1 км от устья в день выпуска молоди были пойманы два малька осетра, один из которых оказался меченым. Длина меченого малька была 60 мм,

вес 0,920 г, т. е. это был малек второй весовой группы. Немеченый малек был примерно такой же величины.

Основываясь на данных 1956 г., можно сказать, что молодь, выпущенная с завода при среднем весе, вдвое меньшем стандартного, в естественных условиях хорошо себя чувствовала и хорошо росла. Об этом свидетельствуют сравнительные данные по темпу роста в предустьевом пространстве и в пруду (см. рис. 13).

По сравнению с молодью естественного нереста, которая в уловах 1956 г. встречалась длиной 1,0—3,5 см и весом до 0,5 г, меченая мо-

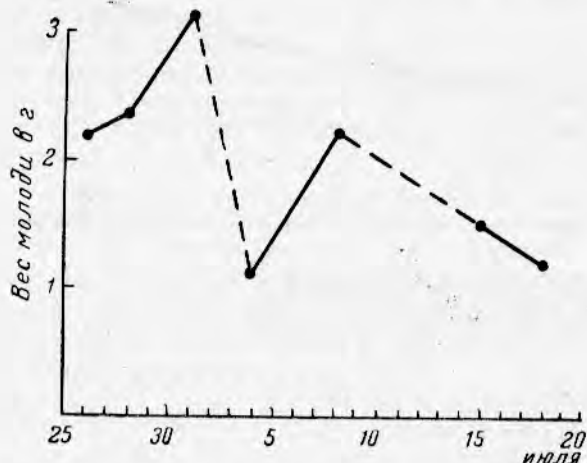


Рис. 15. Весовой рост меченой молоди осетра в предустьевом пространстве Куры в 1958 г.

лодь была более крупной — длиной от 1,5 до 12 см и весом от 0,5 до 4,5 г.

Тот факт, что выпускаемая молодь весом 1,0—1,2 г достигает предустьевого пространства, хорошо растет, питается, свидетельствует о возможности снижения до этих величин стандартной навески.

ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ МОЛОДИ РАЗЛИЧНЫХ ВЕСОВЫХ ГРУПП В УЛОВАХ

В течение всего периода исследований в уловах в количественном отношении преобладала молодь средних весовых групп — от 1,0 до 2,0 г.

В 1956 г. за 12 дней было поймано 98 мальков, что составило 0,12% от всей выпущенной молоди.

Соотношение численности молоди различных весовых групп при выпуске и в уловах в 1957 и в 1958 гг. приведено в табл. 10.

Как видно из табл. 10, в уловах наибольшему изменению подверглась численность третьей группы молоди. Если при выпуске она составляла 2,5 по отношению к первой группе, принятой за 1, то в уловах эта величина снизилась до 1,15.

Данные, полученные в 1958 г., аналогичны данным 1957 г.

Крупная молодь в наибольшем количестве держалась у побережья предустьевого пространства в первую пятидневку (до 1 июля) после выпуска с завода (рис. 16), давая максимум численности в уловах в первые двое-трое суток (28 июня). После этого она рассредоточилась по всему морскому побережью и встречалась в уловах единично.

Таблица 10

Группы меченой молодежи	Средний вес в г при выпуске	Поймано меченых мальков до 5/VII*		Соотношение групп	
		в шт.	в % от выпущенных по группам	при выпуске	в уловах
1957 г.					
Первая	2,73	13	0,05	1	1
Вторая	1,0	22	0,046	1,7	1,7
Третья	0,55	15	0,02	2,5	1,15
1958 г.					
Первая	3,89	99	0,2	1	1
Вторая	1,24	82	0,16	1	0,8
Третья	0,35	32	0,03	1,6	0,32

* В 1958 г. до 8 июля.

Аналогичные результаты получены для молодежи второй группы, но она дольше встречалась в уловах у побережья предустьевого опресняемого пространства (до 8 июля).

Максимум вылова наиболее мелкой молодежи третьей группы наблюдался несколько позже, но она держалась у побережья предустьевого пространства дольше, чем молодежь двух первых групп. Практически она встречалась в уловах до конца наших наблюдений в основном в опресненных участках. В связи с этим мелкая молодежь легко становится жертвой пернатых хищников или молодежи сома.

Уменьшение веса выпускаемых мальков с 3,9 до 1,2 г в 1958 г. сказалось на изменении соотношения их численности в уловах по сравнению с соотношением при выпуске. Вылов более мелких мальков уменьшился примерно на 20%. Относительная численность мальков третьей весовой группы (средний вес 0,35 г) в уловах снизилась весьма значительно — примерно в 5 раз. Подобное же явление только с менее резким падением относительной численности мелкой молодежи в уловах наблюдалось и в 1957 г. (см. табл. 10).

Таким образом, биологические данные, полученные нами для молодежи осетра средним весом 1 г в период ее ската и жизни в реке и море, дополнились данными по относительной величине ее выживаемости в первое время после выпуска в предустьевое пространство Куры.

Интересные материалы получены Б. М. Драбкиной в 1956 и 1957 гг. по содержанию гемоглобина в крови молодежи осетра, выпущенной с завода. Вне зависимости от принадлежности к первой или второй группе в крови молодежи при выпуске из прудов в среднем содержалось 14,85% гемоглобина (по Сали). В предустьевом пространстве это количество увеличилось в среднем до 22,65%.

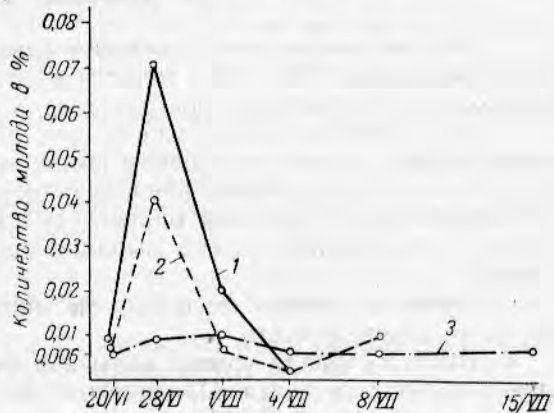


Рис. 16. График вылова в предустьевом пространстве Куры в 1958 г. (в % от выпущенной) молодежи осетра:

1—первой группы; 2—второй группы; 3—третьей группы.

В 1957 г. содержание гемоглобина у молоди, обитавшей в предустьевом пространстве, колебалось от 21 до 43% (в среднем 33%). И в 1956 г., и в 1957 г. было отмечено, что наибольшее количество гемоглобина было у молоди, находившейся в воде с повышенной соленостью. Так, по данным Б. М. Драбкиной, при солености воды до 5‰ содержание гемоглобина колебалось от 12 до 30%, а при солености от 5 до 8,77‰ гемоглобина было от 25 до 40%. Таким образом, у молоди двух первых весовых групп наблюдается адаптация к жизни в соленой воде, к повышенному обмену веществ.

Наше предложение о выпуске молоди средним весом около 1 г хорошо согласуется с высказыванием Б. С. Матвеева [17], который также считал возможным снизить навеску примерно до этой величины.

Важным и интересным является вопрос о возможности снижения навески выпускаемой молоди до еще более низких показателей — до 0,3—0,5 г. Если будут получены новые данные, свидетельствующие об относительно хорошей выживаемости такой молоди, то можно будет принять и эти показатели. Однако у нас в этом отношении нет пока никаких достаточно объективных положительных доказательств. Ошибка в выборе стандартной навески выпускаемой молоди скажется очень нескоро, но она будет трудно поправима, поэтому снижать навеску без достаточно убедительных доказательств не следует. Мы считаем для себя обязательным продолжение начатых работ, но уже путем мечения рыб более долго живущим изотопом (Ca^{45}), чтобы можно было проследить относительную выживаемость молоди различных весовых групп в течение 1—1,5 года, а не 1—1,5 месяцев.

ВЫВОДЫ

1. Молодь осетра, выпускаемая с завода, скатывается по Куре со скоростью около 1100—1800 м/час и проходит расстояние в 20 км (от завода до предустьевого пространства) в течение суток.

2. Выпущенная молодь уже в реке переходит на питание естественной пищей. В реке в пищевом комке встречается много мизид, а в предустьевом пространстве преобладающей пищей являются гаммариды. Полученными данными опровергаются высказывания некоторых ученых о возможной потере выращиваемой молодью поискового инстинкта.

3. Мечение молоди фосфором не оказывает отрицательного влияния на ее выживаемость.

4. Высота стояния уровня воды в Куре во время выпуска молоди влияет на пути ее ската. При низком уровне (в 1955 г.) молодь шла в основном по более глубокому, судоходному Зюйд-Остовому рукаву. В годы высокой водности (1956 г.) молодь шла по обоим рукавам, распределяясь между ними более или менее равномерно.

При средних или близких к ним показателях водности (1957 г.) молодь, хотя и идет по обоим рукавам, но по Норд-Остовому, более мелкому рукаву, в значительно меньшем количестве, чем по Зюйд-Остовому.

5. Поведение меченой молоди весом 1 г в природных условиях ничем не отличается от поведения меченой молоди весом 2 г. Более мелкая молодь весьма интенсивно питается, хорошо растет и быстро осваивает осолоненные участки.

6. Относительная выживаемость молоди различных весовых групп, определяемая по соотношению численности рыб различных средних навесок при выпуске и в уловах, свидетельствует о том, что численность молоди весом 1 г (вдвое ниже стандартного веса) в уловах лишь на 20% ниже численности весьма крупной (почти 4 г) молоди и не

изменяется по отношению к численности молоди стандартного веса (2—3 г).

7. Значительно большие недолowy характерны для молоди весом менее 1 г. В 1957 г. при среднем весе выпускаемых рыб около 0,5 г относительная численность их в уловах снизилась в 2,2 раза, а в 1958 г. при среднем весе этой молоди около 0,3 г — примерно в 5 раз.

8. Для условий Куры можно рекомендовать снижение стандартной навески выпускаемой молоди с 2—3 г до 1 г.

9. Благодаря снижению навески можно удваивать посадку молоди в пруды, используя имеющуюся богатую кормовую базу (см. работу И. Ф. Вельтищевой в настоящем сборнике), и использовать хотя бы половину ранее освободившихся прудов для дополнительного тура. В связи с этим количество полученной молоди увеличится как минимум в 2,5 раза, что более чем в 10 раз превысит возможную потерю.

10. Рекомендовать для условий Куры снижение стандартной навески до 0,5—0,3 г у нас нет достаточно серьезных оснований, а риск возможного уменьшения поголовья промыслового стада осетра за счет подобного снижения имеется.

11. Полностью подтвердить правильность намеченного мероприятия можно при использовании более долгоживущей метки (Ca^{45}) с целью наблюдения за молодь в течение 1—2 лет в морских условиях.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Богоявленская М. П., Возможность использования Ca^{45} в качестве метки рыб, «Рыбное хозяйство», 1955, № 11.
2. Богоявленская М. П., Изучение кальциевого обмена с целью использования Ca^{45} в качестве метки для рыб, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
3. Гербильский Н. Л., Второй вариант прудового способа выращивания молоди осетровых, Ученые записки ЛГУ, сер. биологических наук, вып. 44, 1957.
4. Гинзбург Я. И., О биологии молоди осетровых р. Куры, «Вопросы ихтиологии», вып. 9, АН СССР, 1957.
5. Данильченко О. П., Мечение олигохет радиоактивным стронцием, «Рыбное хозяйство», 1957, № 6.
6. Данильченко О. П., Выбор дозировок Sr^{90} (Y^{90}) при мечении рыб, Информ. сб. ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
7. Жадин В. И., Северо-кавказская гидробиологическая экспедиция и вопросы удорения рыбоводных прудов, Труды ЗИНа АН СССР, т. XXVI, 1959.
8. Жадин В. И., Ильинская Н. Б., Световидов А. Н., Трошин А. С., Задачи и методы маркировки насекомых и рыб радиоактивными изотопами, Труды научной сессии, посвященной достижениям и задачам биофизики в сельском хозяйстве, АН СССР, 1955.
9. Ильинская Н. Б. и Трошин А. С., Маркировка мух и комаров при помощи радиоактивного фосфора, Зоологический журнал, 1954, т. 33, вып. 4.
10. Караваев Г. А., Инструкция по мечению рыб, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1958.
11. Карзинкин Г. С., Шире внедрять методику радиоактивных изотопов в рыбохозяйственную науку и практику, «Рыбное хозяйство», 1955, № 11.
12. Карзинкин Г. С., Солдатова Е. В., Шеханова И. А., Некоторые результаты массового мечения радиоактивным фосфором «нестандартной» молоди осетра, Сб. «Миграция животных», вып. 1, АН СССР, 1959.
13. Кирпичников В. С., Световидов А. Н. и Трошин А. С., Мечение карпа радиоактивными изотопами фосфора и кальция, ДАН СССР, т. 111, вып. 1, 1956.
14. Кичагов А. В., Результаты мечения рыб, «Рыбное хозяйство», 1949, № 8.
15. Кожин Н. И., Итоги и задачи научно-исследовательских работ по воспроизводству рыбных запасов в южных водоемах в связи с гидростроительством, Труды Всесоюзной конференции по вопросам рыбного хозяйства 1951 г., АН СССР, 1953.
16. Куделина Е. Н., Кормовая база молоди рыб предустьевого пространства и ее перспективы в условиях осуществления Миингечаурского гидроузла, Труды конференции по вопросам воспроизводства рыбных запасов р. Куры в связи со строительством Миингечаурского гидроузла, АН Азербайджанской ССР, Баку, 1954.
17. Матвеев Б. С., Прения по докладам, Труды Всесоюзной конференции по вопросам рыбного хозяйства, АН СССР, 1953.
18. Мейен В. А., Пути воспроизводства проходных рыб Волги, Труды ВНИРО, т. 16, Пищепромиздат, 1941.

19. Родина А. Г. и Трошин А. С., Применение меченых атомов в изучении питания водных животных, ДАН СССР, т. ХСVIII, вып. 2, 1954.
 20. Романова Н. Н., Распределение бентоса в среднем и южном Каспии, Зоологический журнал, 1960, т. XXXIX, вып. 6.
 21. Рудаков Н. П., Мечение рыб радиоактивным церием ($Ce^{144}+Pr^{144}$), «Рыбное хозяйство», 1958, № 9.
 22. Садов И. А., Методы инкубации икры и выращивание осетровых рыб в условиях искусственного разведения, Труды Всесоюзной конференции по вопросам рыбного хозяйства, АН СССР, 1953.
 23. Шеханова И. А., Применение P^{32} для мечения молоди осетровых рыб, «Рыбное хозяйство», 1955, № 11.
 24. Шеханова И. А., О возможности усвоения рыбами неорганического фосфора из воды, ДАН СССР, т. 106, вып. 1, 1956.
 25. Шеханова И. А., Изучение фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб с применением радиоактивного фосфора, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
 26. Эпштейн Б. М., Питание молоди осетровых рыб реки Куры, Труды конференции по вопросам воспроизводства рыбных запасов р. Куры в связи со строительством Мингечаурского гидроузла, АН Азербайджанской ССР, Баку, 1954.
 27. Rounsefell G., Klark J., How to mark fish, Transaction of the American Fisheries Society, 1943.
-

**ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА ПРОДУКЦИИ С ЕДИНИЦЫ
ПРУДОВОЙ ПЛОЩАДИ НА ОСЕТРОВЫХ ЗАВОДАХ
АЗЕРБАЙДЖАНА***И. Ф. ВЕЛЬТИЩЕВА*

В заводское разведение молоди осетровых во многих случаях включается выращивание ее в прудах. В одних случаях (на Волге) личинок очень непродолжительное время выдерживают в сетчатых выростниках, а затем переводят для выращивания в пруды [42]. В других случаях (на Куре, Дону) планируют выращивание молоди до 200—300 мг в бассейнах, а затем до 1,5—2,0 г — в прудах.

Выращивание осетровых в прудах во многом отличается от производственного процесса в карповых хозяйствах. Пруды, предназначенные для разведения молоди осетровых, должны быть чистыми, лишенными растительности, глубиной 1—1,5 м. Кислорода в воде должно содержаться 6—8 мг/л и только на короткие периоды количество его может снижаться до 4 мг/л. В связи с непродолжительным периодом выращивания молодь в прудах должна быть обеспечена большим количеством корма.

Пруды осетровых заводов Азербайджана особенно специфичны. Они расположены на глинистых солончаковых почвах. А. Н. Державин [18] характеризует их как пустынно-степные, с малым количеством перегноя, богатые фосфорной кислотой, калием, известью, магнием, но бедные азотом. Заводы построены в зоне жаркого климата Азербайджана.

Первые опыты выращивания осетровых в прудах Куринского завода (1949—1951 гг.) не дали хороших результатов. Несмотря на внесение кормов из других водоемов и небольшого количества органических удобрений (навоз, трава), продуктивность прудов была очень низкой, в среднем 12,5 кг/га, что и привело к необходимости проведения работы по повышению продуктивности прудов.

Увеличение выхода рыбы с единицы площади достигается совокупностью ряда мероприятий: мелиоративными работами, внесением удобрений, борьбой с нежелательными вселенцами из животного мира и нитчаткой, увеличением плотности посадки рыбы.

Приступая к работе по повышению выхода рыбной продукции из прудов осетровых заводов Азербайджана, мы уделили основное внимание повышению кормности прудов за счет внесения удобрений. Только получив определенные результаты в этом направлении, можно было ставить вопрос об увеличении выхода рыбной продукции за счет уплотнения посадок и многократного использования прудовой площади на протяжении года.

Все исследования проведены на Куринском производственно-экспериментальном осетровом рыбноводном заводе. Работа по удобрению прудов начата в 1952 г. под руководством проф. Г. С. Карзинки-

на. В опытах 1952—1953 гг. использовали площадь от 1 до 3 га, а в 1954—1957 гг. — 12,5 га.

Во всех работах большое участие принимал рыбовод завода П. А. Сидоров. В 1954 г. наблюдения проводили совместно с Е. В. Солдатовой, а в 1955—1957 гг. — с В. Н. Злоказовым. Часть материалов нам любезно предоставлена Б. М. Дабкиной и М. П. Борзенко. Микробиологические исследования в данной работе проведены А. И. Жуковой.

При разработке методов удобрения упор был сделан на минеральные соли, так как они удобнее в практической работе. При внесении минеральных удобрений корма распределяются более равномерно по всей площади пруда. Органические удобрения (навоз, туки, растительность), как правило, вносят зонально, поэтому они вызывают концентрацию кормов в определенных участках пруда [25, 26, 27, 39]. Удобрения такого рода могут сильно различаться по химическому составу, особенно в зависимости от сроков хранения. Ряд исследователей [21, 43, 61] отмечает, что внесение больших доз органических удобрений вызывает заморные явления и заболевания рыб.

Для сравнительной оценки минеральных и органических удобрений мы на протяжении двух лет использовали рыбный тук, который, по рекомендации М. М. Лебедева, вносили в количестве 1000 кг/га. Основную массу его разливали перед заливом пруда и небольшое количество вносили зонально по урезу воды уже после зарыбления.

Из минеральных удобрений мы применяли азотные и фосфорные, придавая первостепенное значение азотным.

В своих теоретических предпосылках мы исходили из того, что молодь осетровых рыб нужно обеспечить охотно поедаемыми кормами, дающими достаточно быстрый темп роста. Из донных кормов к таким можно отнести личинок хирономид, главным образом из рода *Chironomus*, а из планктонных — крупного рачка *Daphnia magna*.

Из работ Н. С. Гаевской [12, 13, 15], А. Г. Родиной [51], М. А. Кастильской [31], Е. Ф. Мануйловой [36] известно, что лучшим кормом для роста и развития дафний являются зеленые протококковые водоросли, а также кокки и неспороносные бактерии, которые развиваются в большом количестве на легко гидролизующемся органическом веществе [33, 34, 35, 45].

Для развития личинок хирономид на ранних стадиях нужны водоросли, а на более поздних основу питания составляют бактерии [1, 6, 24, 32, 40, 50].

К. А. Гусева [17], Н. С. Гаевская [15], S. P. Chu [60] относят зеленые водоросли, и в частности протококковые, к наиболее азотлюбивой группе. Оптимум для их развития лежит при содержании в воде 2—30 мг/л азота. Количество фосфора при этом может быть значительно ниже — 0,1—2,0 мг/л. Судя по данным W. T. Edmondson и I. N. Edmondson [62], меньшая потребность в фосфоре объясняется быстрой оборачиваемостью его в организме. На 1 атом потребленного фосфора выделяется 90 атомов кислорода.

Чтобы обеспечить дафний и хирономид наиболее излюбленными кормами (протококковые водоросли и лучше усвояемые группы бактерий), в пруды необходимо вносить азотных удобрений больше, чем фосфорных. Так как протококковые водоросли должны в массовом количестве развиваться по всей толще воды, удобрения следует вносить только по воде после полного залива пруда.

В нашей стране до последнего времени господствовала заимствованная из Германии теория безазотистого удобрения прудов, заключающаяся в том, что при удобрении ложа прудов фосфорными солями в результате действия «почвенной лаборатории» развивается большое

количество азотфиксирующих бактерий, обогащающих пруды азотом в достаточном количестве. Однако при ближайшем ознакомлении с этими работами [61, 63, 65, 66, 69] оказывается, что Гофер вносил большое количество азота с растительными удобрениями. Достаточно четких данных по массовому развитию азотфиксирующих бактерий при принятом методе удобрения в работах немецких исследователей нет. В наших отечественных исследованиях [35, 52, 53, 55] имеются указания на крайне слабое развитие этой группы бактерий в грунтах, и тем более в воде. Чаще азотфиксирующие бактерии встречаются среди обрастаний камней и растений. Однако относительное значение их по сравнению с другими группами невелико.

Проведенные немецкими исследователями небольшие опыты с применением азотных солей дали лучшие результаты, чем применение чисто фосфорных удобрений. Отказываются от применения азотных удобрений в рыбоводстве по экономическим причинам.

В США E. V. Smith и H. S. Swingle [67, 68] разработали метод комбинированного азотно-фосфорно-калийного удобрения в отношении 8:4:2 мг/л с добавлением 16 мг/л CaCO_3 . Этот метод лег в основу прудового хозяйства США. Однако у нас до последнего времени [56] рекомендовали применение только фосфорных удобрений.

Если не считать отдельных работ [2, 44], то опыты с применением азотных удобрений у нас стали проводить только в последнее десятилетие. За это время появились две наиболее крупные обзорные работы по минеральным удобрениям Г. Г. Винберга [10] и В. И. Жадина [22], в которых указывается на большую роль азотных удобрений в повышении рыбопродуктивности прудов. Однако совещания, прошедшие в 1960 г. в Минске (по изучению первичной продукции водоемов) и в Москве (по биологическим основам прудового рыбоводства), показали, что до сего времени вопрос о целесообразности применения и дозировке азотных удобрений остается спорным. Только поэтому в своей работе мы сочли нужным уделить большое внимание этому вопросу.

Другие минеральные удобрения мы не применяли по следующим соображениям. Известкование рекомендуется как мелиоративное средство только на кислых почвах. Калийные удобрения чаще не дают никакого эффекта или ухудшают результаты, полученные при внесении других видов удобрений [3, 4, 21, 43]. Лишь в редких случаях указывают на положительное действие калия [61]. В наших опытах прибавление 0,5 мг/л калия снижало интенсивность размножения протококковых водорослей.

Очень интенсивный прирост водорослей наблюдался в опытах при внесении азотных и фосфорных удобрений с небольшим добавлением железа.

При применении минеральных удобрений исходили из необходимости создания благоприятных условий для развития наиболее ценных в пищевом отношении протококковых водорослей. Количество вносимых удобрений определяли методом биологических испытаний, предложенным А. В. Францевым [58] и упрощенным К. А. Гусевой [17]. Чтобы определить, какие соли и в каком соотношении способствуют наибольшему развитию водорослей, мы пользовались скляночным методом в кислородной его модификации [7, 8, 11].

В наших опытах, так же как и у других исследователей [4, 9, 64], наблюдалась прямая зависимость интенсивности фотосинтеза от количества водорослей (рис. 1).

В первый год работы пруды удобряли в течение 28 дней. Было внесено 560 кг/га аммиачной селитры и 480 кг/га суперфосфата пятью порциями с промежутком между ними в 3, 4, 9 и 11 дней. Цветение продолжалось 27 дней, максимальное количество водорослей достига-

ло 322 тыс. шт/см³. Вслед за обилием фитопланктона развилась масса бентосных организмов (71 г/м²) и зоопланктона (100 г/м³), что резко снизило содержание растворенного в воде кислорода (до 1,6 мг/л). Однако, несмотря на кратковременный дефицит кислорода, рыбоводные показатели были хорошими, а общий выход продукции оказался вдвое выше, чем в контроле.

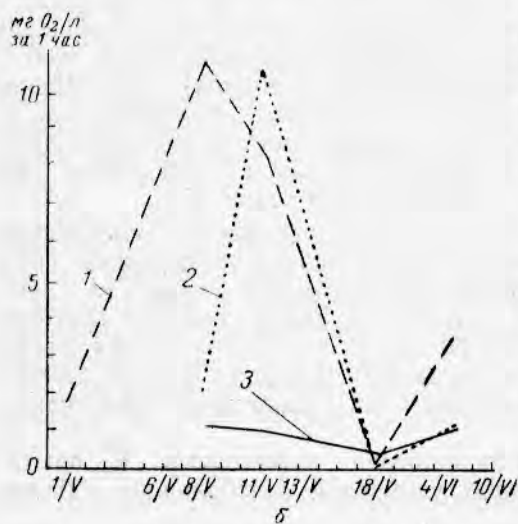
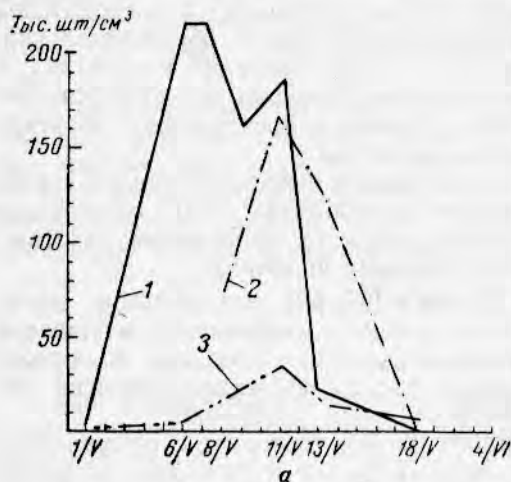


Рис. 1. Зависимость интенсивности фотосинтеза от количества водорослей:

а — количество водорослей: 1 — в пруду № 3; 2 — в пруду № 5; 3 — в пруду № 4; б — интенсивность фотосинтеза: 1 — в пруду № 3; 2 — в пруду № 5; 3 — в пруду № 4.

Параллельные опыты с применением рыбного тука (800—1200 кг/га) дали значительно худшие результаты. Водоросли развивались в малом количестве (рис. 1, пруд № 4) и достигали всего 35 тыс. шт/см³. Иным был и качественный состав фитопланктона. При внесении минеральных удобрений получалась практически чистая культура протокочковых водорослей. В период сильного цветения небольшую примесь составляли диатомовые водоросли (до 4—5% от общего числа клеток). При удобрении рыбным туком роль диатомовых сильно возрастала: они составляли чаще всего 30—50% от общего числа клеток.

Общее количество бактерий в первые дни цветения при внесении минеральных (пруд № 3) и органических (пруд № 4) удобрений было примерно одинаковым и составляло соответственно $3,6 \cdot 10^6$ и $3,9 \cdot 10^6$ в 1 см³ воды. По окончании цветения количество бактерий по всей толще воды значительно увеличилось. В пруду № 3 через 7 дней в 1 см³ воды насчитывалось $6,5 \cdot 10^6$ бактерий, а через месяц (перед спуском пруда) количество их понизилось, но осталось все же достаточно большим — $3,5 \cdot 10^6$ в 1 см³.

Бактериальная флора поверхностного слоя грунта при удобрении рыбным туком была беднее, а вспышка развития бактерий короче, чем в результате внесения минеральных солей.

Через 3—7 дней после внесения тука появилось $4900 \cdot 10^6$ бактерий на 1 г сухого грунта, а при спуске пруда их было всего $1240 \cdot 10^6$.

При удобрении минеральными солями в первые сутки после начала цветения количество бактерий в грунте невелико — $1920 \cdot 10^6$ на 1 г сухого грунта. К концу цветения в результате бактериального разложения отмерших водорослей количество бактерий возрастает до

5870 · 10⁶. Через полтора месяца (перед спуском пруда) в грунте остается еще 2890 · 10⁶ бактерий. Аналогичные данные были получены в нескольких прудах.

Благодаря лучшим условиям питания общая биомасса зоопланктона в прудах, удобренных минеральными веществами, была выше, чем в прудах, удобренных туком, и составляла соответственно 100 и 20 г/м³.

Различался зоопланктон и по качественному составу. При применении минеральных удобрений он представлял собой почти чистую культуру *Daphnia magna* (69—85%). Другие клadoцеры и коловратки были представлены в очень небольшом количестве. Несколько большее значение в весеннем зоопланктоне имели циклопы (15—30%). Подобное образование монокультур в специфических условиях отмечали также Н. С. Гаевская [14] и В. И. Широкова [59].

При удобрении прудов рыбным туком зоопланктон был также представлен клadoцерами, но основную роль играла более мелкая *Daphnia longispina*. Значительно большую роль играли циклопы и коловратки. Так, весной 1953 г. коловратки в поверхностном слое составляли по количеству 61% и в придонном — 51%. В то же время в пруду, удобренном минеральными солями, в поверхностном слое коловратки составляли 2%, а в придонном — доли процента.

В результате массового развития коловраток и инфузорий в прудах появилась большое количество циклопов (66—92% от количества зоопланктеров), которые после исчезновения коловраток в большом количестве уничтожают молодь дафний [5, 19, 20]. На долю дафний приходится всего 5—13%.

Благодаря качественному различию зоопланктона неодинаково использование его рыбами на рост. Если при питании подросшей молоди осетровых крупными дафниями кормовой коэффициент составляет 5—6, то при вынужденном питании циклопами он может достигать 49 [46].

В зависимости от вида применяемого удобрения может изменяться доступность одних и тех же кормовых организмов, благодаря чему фактически кормность прудов для придонной молоди осетровых будет различной. Многие исследователи указывают на связь распределения зоопланктона с источниками питания [51, 54, 59], отмечая, что одни и те же виды зоопланктона могут держаться в поверхностных или придонных слоях [57, 65]. В. Н. Грезе [16] указывал, что концентрация зоопланктона в слое воды, расположенном в 1—2 см от дна, в 20—30 раз больше, чем у поверхности.

Применяя облегченный планктоночерпатель Богорова высотой 20 см, мы не могли провести столь дробный анализ, а брали пробы только с двух горизонтов: поверхностные (5—25 см от поверхности) и придонные (5—25 см от дна). Распределение зоопланктона в этих слоях показано в табл. 1. Средняя взята из сетки станций по площади пруда при круглосуточном взятии проб (6 раз в сутки).

Таблица 1

Удобрение	Биомасса зоопланктона в % в слоях	
	поверхност- ном	придонном
Конский навоз	62,0	38,0
Рыбный тук (средняя по двум прудам) . . .	33,0	67,0
Минеральные удобрения (средняя по трем прудам)	9,2	90,8

Преобладающее количество зоопланктона в поверхностном слое при удобрении прудов навозом, очевидно, связано с большим количеством в нем бактерий. Навоз раскладывают у уреза воды зонально. Поэтому наибольшее скопление бактерий наблюдается около него, а часть их разносится по поверхности пруда. Аналогичное явление при применении конского навоза отмечено Ц. И. Иоффе [24], но заметного увеличения количества бактерий в грунте она не обнаружила.

При удобрении прудов рыбным туком часть его разливают по ложу, поэтому концентрация зоопланктона в придонном слое оказывается больше.

В случае применения минеральных удобрений в период сильного цветения до зарыбления прудов в поверхностном слое зоопланктона концентрируется значительно больше (25—30%), чем по окончании цветения (8—10%). Очевидно, бактерии в массовом количестве развиваются за счет осевшего на дно фитопланктона, экскрементов и отмершего зоопланктона, что приводит к концентрации рачков у дна.

Можно отметить также возрастную специфику распределения дафний: в придонном слое находятся более крупные экземпляры, что оказывается положительным фактором при питании планктоном подростой молодежи осетровых.

Таким образом, при использовании минеральных удобрений в осетровых прудах можно получить значительно большее количество доступного зоопланктона, чем при удобрении прудов органическими веществами.

В развитии донных организмов лучшие результаты были получены также при внесении минеральных удобрений. В период цветения и после его окончания создаются благоприятные условия для развития всех стадий личинок хирономид. Образование на грунте зеленого налета, богатого органическими веществами, за счет которых развиваются бактерии, делает хирономид более доступными для рыб, так как в этом случае личинки не зарываются глубоко в ил.

Об улучшении условий питания донных кормовых организмов при внесении минеральных удобрений свидетельствуют микробиологические исследования поверхностного слоя грунтов и содержимое кишечника хирономид.

Анализировали содержимое переднего отдела кишечника *Chironomus plumosus* из пруда № 3 с минеральным удобрением и пруда № 1, куда вносили тук.

В первом случае в 1 мг кишечной массы через 15 дней после окончания цветения содержалось в среднем $7,7 \cdot 10^6$ бактериальных клеток, а во втором случае — $2,1 \cdot 10^6$.

Кроме бактерий, в кишечниках хирономид из пруда № 3 встречалось много разложившихся водорослей и клетки хлореллы, а в кишечниках хирономид из пруда № 1 — небольшое количество диатомовых водорослей (преимущественно мертвых) и довольно много минеральных частиц грунта. В обоих случаях преобладали палочковые формы и немного кокков, но клетки палочек из пруда № 3 были крупнее, чем из пруда № 1.

Благодаря лучшим кормовым условиям при внесении минеральных удобрений средний вес личинок *Chironomus plumosus* в IV стадии развития увеличился на 8—12% по сравнению с весом личинок этой стадии из пруда № 1.

Все это способствовало увеличению биомассы бентоса в пруду № 3, куда были внесены минеральные удобрения.

В более влажный 1952 г. максимальная биомасса бентоса (практически одни личинки хирономид) достигала $70,7 \text{ г/м}^2$ при внесении минеральных удобрений и $44,7 \text{ г/м}^2$ при удобрении туком. В после-

дующие более сухие годы максимальная биомасса бентоса при внесении минеральных удобрений колебалась от 37 до 43 г/м² (изредка от 25 до 60 г/м²), а при внесении рыбного тука достигала всего 13,5 г/м². Применение конского навоза дало еще более худшие результаты. Максимальная биомасса бентоса в этом случае, по данным М. М. Лебедева, достигала всего 0,9—10,4 г/м².

При внесении минеральных солей неоднократно замечали, что в цветущие пруды хирономусы откладывают больше кладок. Возможно, в период интенсивного цветения комаров привлекает цвет или запах воды.

Очевидно, этими двумя причинами, т. е. большим количеством отложенных яиц и улучшением условий питания на ранних стадиях, можно объяснить большее количество личинок хирономид ранних возрастных стадий в прудах, удобренных минеральными солями. Так, в этом случае личинок хирономид II стадии в период цветения насчитывалось 434 шт/м², а при спаде цветения — 104 шт/м², а в прудах, удобренных туком, в те же даты их было по 26—17 шт/м².

Вероятно, очень хороших результатов для повышения биомассы бентоса можно будет добиться, если в период цветения прудов привлекать комаров на свет [1].

Органические удобрения в большей степени способствуют развитию нитчатых водорослей, которые снижают доступность донных кормов и вызывают усиленное выедание ранних возрастных стадий личинок хирономид. Соотношение личинок хирономид разных возрастных стадий в бентосе и питании при удобрении пруда № 1 туком и пруда № 3 минеральными солями показано на рис. 2.

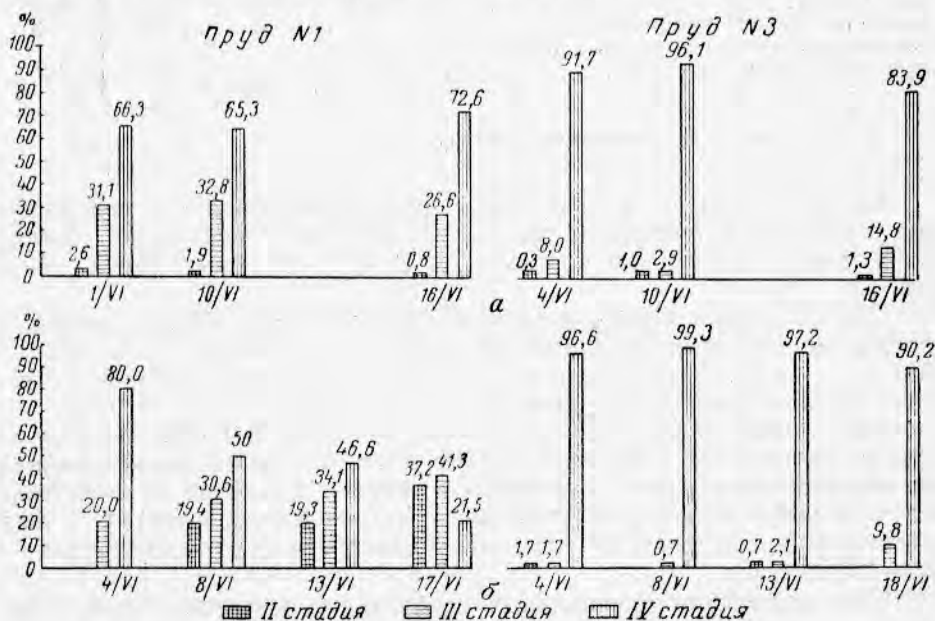


Рис. 2. Соотношение возрастных стадий личинок *Chironomus plumosus*: а—в бентосе (на 1 м²); б—в питании молоди осетра.

Вынужденное питание молоди осетра менее продуктивными кормами в данном случае привело к тому, что в пруду № 1 за одинаковый срок выращивания (26 дней) личинка хирономид было съедено на 20,6% больше (по количеству), чем в пруду № 3. Кроме того, в пруду № 1 съедено в 4 раза больше зоопланктона, а конечный результат

выращивания оказался хуже. Средний вес рыб, выпускаемых из пруда № 1, был в 1,8 раза меньше, а общая продукция — в 2,2 раза.

В связи с полученными данными по эффективности органических и минеральных удобрений в дальнейшей работе мы использовали только минеральные удобрения.

Несмотря на первые положительные результаты, полученные весной 1952 г., метод применения минеральных удобрений нуждался в доработке. Период подготовки прудов к зарыблению, включающий время цветения и возможного снижения содержания кислорода, занимал 30—35 дней. Работы последующих лет были направлены к тому, чтобы этот период по возможности сократить.

Опыты 1952—1953 гг. убедили нас в том, что интенсивность и продолжительность цветения прудов определяется не только количеством внесенных удобрений, но и временем, на протяжении которого вносятся соли, и частотой внесения отдельных порций (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Пруд № 3, 1952 г.	Пруд № 2, 1953 г.	Пруд № 3, 1953 г.	Пруд № 5, 1953 г.
Внесено удобрений в кг/га				
сульфата аммония	560*	432	312	366
суперфосфата	480	408	276	336
Продолжительность периода удобрения в днях	28	15	11	9
Продолжительность цветения в днях	27	14	12	8
Интервал между внесением порций удобрений в днях	3—11	4—5	5	3—5
Количество порций удобрений	5	4	3	3
Количество клеток в тыс. шт. в 1 см ³ воды при максимуме цветения	322	—	189	165

* В 1952 г. вносили аммиачную селитру.

Наиболее сильное и длительное цветение наблюдалось при внесении удобрений в течение 28 дней с постепенным увеличением интервалов между отдельными порциями от 3—5 до 11 дней (пруд № 3, 1952 г.).

Для получения короткой вспышки водорослей в 1954 г. удобрения вносили двумя-тремя порциями в течение 8—10 дней, а в 1955—1957 гг. — однократно. При таком способе удобрения период подготовки прудов удалось сократить до 10—15 дней.

Весной 1957 г. при одновременном внесении 180—200 кг/га сульфата аммония и 160—180 кг/га суперфосфата с 1 га прудовой площади при выращивании молоди осетровых в среднем в течение 23 дней было получено рыбы 98 кг/га (в отдельных случаях до 216 кг/га). С 1 га в среднем было выпущено 58 тыс. шт. молоди, а в некоторых прудах — 105—131 тыс. шт.

При применении минеральных удобрений в осетровых прудах следует учитывать ряд факторов, которые могут в значительной мере повлиять на конечный результат, т. е. на выход рыбной продукции.

Высокую продукцию осетровых можно получить только в чистых прудах, лишенных растительности. В прудах, покрытых до заливания луговой растительностью или другой наземной флорой, не используются достаточно полно донные корма. От разлагающейся растительности ухудшается кислородный режим, причем пониженное содержание его (3,5—5,5 мг/л) может быть на протяжении всего периода выращивания. Дефицит кислорода может быть даже осенью, тогда как в прудах с

очищенным ложем этого не наблюдается. В воде резко увеличивается количество аммиачного азота.

В наших опытах в пруду с чистым ложем аммиачный азот, как правило, составлял 0,1—0,6 мг/л, достигая на короткие промежутки времени 1,0—2,3 мг/л. Количество нитратного азота не превышало 0,2 мг/л, а свободная углекислота колебалась от 3,6 до 8,2 мг/л.

В пруду, заросшем мягкой луговой растительностью, за тот же период аммиачного азота содержалось 1,0—5,5 мг/л; к концу выращивания его количество достигло 17,1 мг/л. Нитратный азот составлял 0,2—0,5 мг/л, а свободная углекислота — 23,9 мг/л.

Худшие гидрохимические условия угнетают рыб. Даже при достаточном количестве корма индекс наполнения желудков у рыб из заросших прудов меньше, чем у молоди из прудов с чистым ложем.

В заросших прудах значительно труднее добиться положительного эффекта от применения минеральных удобрений. Одни и те же дозы удобрений в чистых прудах вызывают обильное цветение водорослей, а в заросших оно оказывается слабее и продолжительность его меньше. Если весной в период максимума цветения в чистых прудах в 1 см³ воды было обнаружено 500—670 тыс. клеток водорослей, то в частично заросших прудах их насчитывалось всего 240—270 тыс. шт. Осенью это количество соответственно составило 140 и 60 тыс. шт/см³.

Зоопланктон в заросших прудах представлен малопродуктивными формами (босмины, хидорусы, коловратки и т. д.).

В результате конечный выход рыбной продукции из заросших прудов сильно сокращается. Так, в прудах равной площади, при одинаковом удобрении, одном видовом составе рыб и плотности посадки за 25 дней выращивания продукция в чистом пруду составила 109,6 кг/га, а в заросшем — 64,0 кг/га.

Не меньшее значение при повышении продуктивности прудов имеет строгая согласованность сроков заливки, внесения удобрений и зарыбления прудов.

Разрыв в 17—25 дней между заливкой прудов и внесением удобрений чрезвычайно сильно ослабляет эффект удобрений. На рис. 3 видно, что внесение даже меньшего количества удобрений через 9 дней после начала заливки вызывает более сильное цветение.

Согласно опытам последних лет, лучше всего вносить удобрения через сутки после наполнения пруда. Однако при этом следует учитывать степень мутности воды. При заливке прудов очень мутной водой лучше дать ей немного отстояться чтобы избежать коагуляции удобрений взвесью.

Значительные потери в выходе рыбной продукции при принятом методе удобрения могут быть в том случае, когда пруды своевременно не зарыбляют. Основная биомасса зоопланктона при этом не используется рыбой, а отмирает, что ведет к снижению продукции. Средняя продукция ряда перестоявших прудов, зарыбленных через 10—15 дней после наступления оптимальных условий, составила весной 63,6 кг/га, в то время как при своевременном зарыблении она составила 158,3 кг/га. Осенью продукция перестоявшего пруда выразилась величиной 54,6 кг/га, а своевременно зарыбленного — 152,3 кг/га.

С увеличением дозировки азотных удобрений усиливается цветение воды. Однако абсолютные величины цветения резко изменяются в зависимости от времени года (рис. 4). При одновременном внесении в апреле 240 кг/га сульфата аммония и 130 кг/га суперфосфата максимальное количество клеток достигает 1 млн. шт/см³, а продолжительность цветения составляет 14—15 дней. После окончания цветения содержание кислорода не бывает ниже 3,0—3,5 мг/л и этот период напряженного кислородного режима продолжается не более 4—5 дней.

Летом, в конце мая, в июне, та же доза удобрений способствует развитию водорослей в количестве 400 тыс. шт/см³ при общей продол-

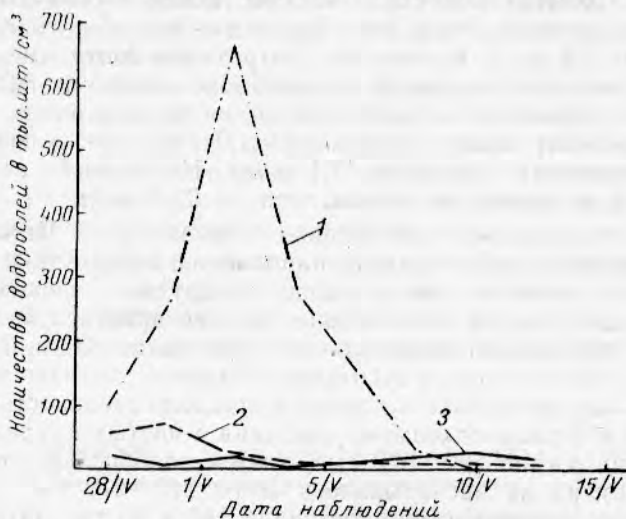


Рис. 3. График развития водорослей при продолжительности периода от залития пруда до внесения удобрений: 1—9 дней; 2—17 дней; 3—25 дней.

жительности цветения 9—10 дней. Однако содержание кислорода при этом может снизиться до 1 мг/л и такой режим может сохраняться 7—10 дней.

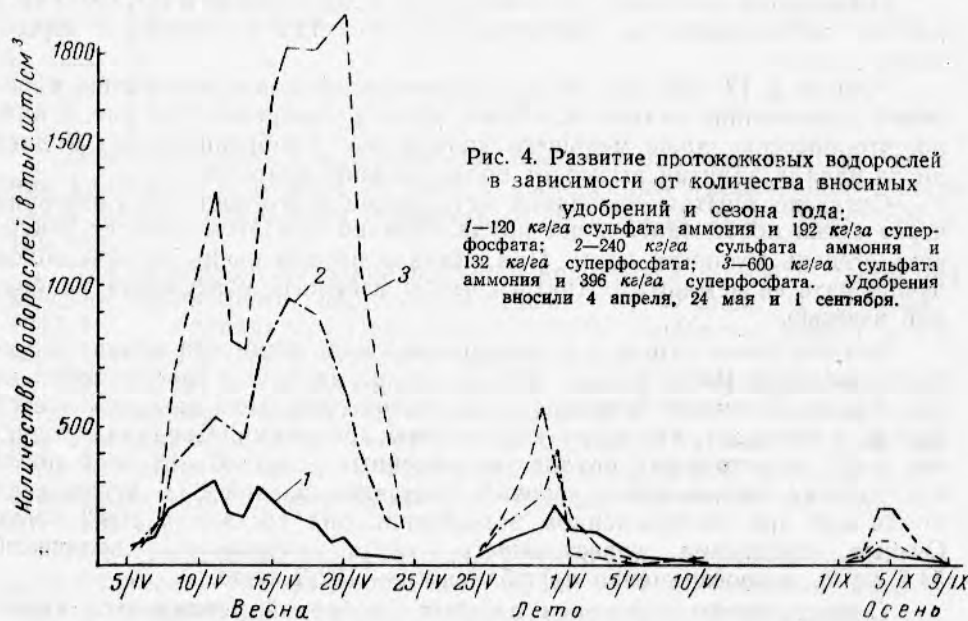


Рис. 4. Развитие протококковых водорослей в зависимости от количества вносимых удобрений и сезона года:

1—120 кг/га сульфата аммония и 192 кг/га суперфосфата; 2—240 кг/га сульфата аммония и 132 кг/га суперфосфата; 3—600 кг/га сульфата аммония и 396 кг/га суперфосфата. Удобрения вносили 4 апреля, 24 мая и 1 сентября.

Осенью, в сентябре, количество водорослей не превышает 100 тыс. шт/см³ и продолжительность цветения составляет всего 5—6 дней. Дефицита кислорода не наблюдается. Минимальное его содержание не бывает ниже 6,5—7,0 мг/л. Различный кислородный режим в разные сезоны года наблюдается на протяжении всего периода выращивания в прудах (рис. 5).

Доза в 300 кг/га сульфата аммония и 270 кг/га суперфосфата в мае вызывает бурное цветение и дефицит кислорода до 1 мг/л. Содержание его ниже 4 мг/л может наблюдаться на протяжении 14 дней.

Та же доза удобрений, внесенная во второй половине сентября, снижает содержание кислорода всего до 3,5 мг/л на 1—2 дня, чаще же его содержится не менее 4 мг/л.

Малые дозы удобрений — 100—150 кг/га сульфата аммония и 100—130 кг/га суперфосфата — в разные сезоны года вызывают массовое развитие разных групп водорослей.

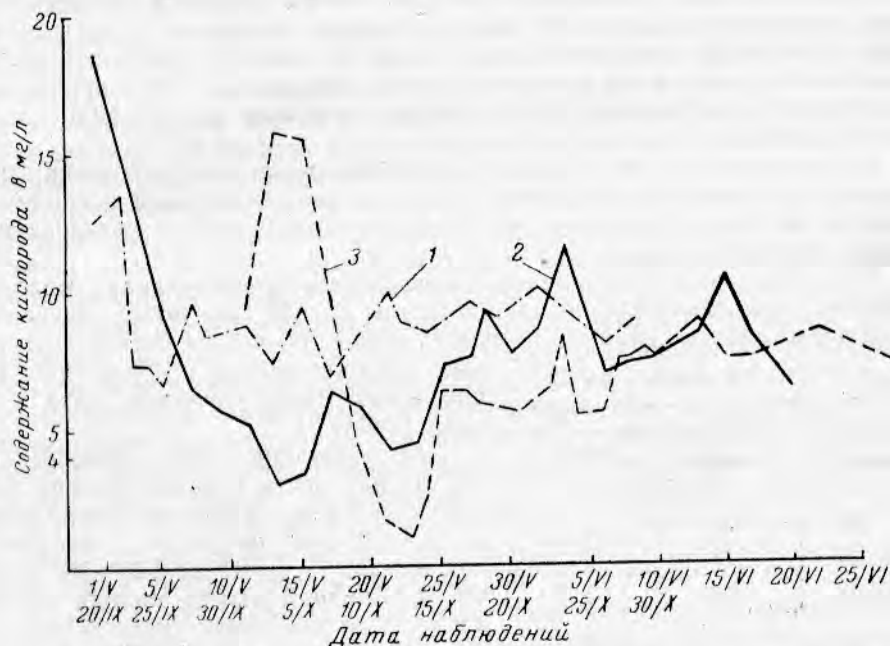


Рис. 5. Содержание растворенного в воде кислорода при внесении одинаковых доз удобрений в разные сроки:

1 — пруд № 7 (200 кг/га сульфата аммония и 192 кг/га суперфосфата; 26 апреля); 2 — пруд № 6 (200 кг/га сульфата аммония и 192 кг/га суперфосфата; 10 мая); 3 — пруд № 17 (220 кг/га сульфата аммония и 216 кг/га суперфосфата; 18 сентября).

При удобрении прудов в конце мая цветение вызывают зеленые водоросли, в апреле — диатомовые, а в сентябре — сине-зеленые. Даже при обильном цветении, вызванном диатомовыми водорослями, биомасса зоопланктона оказывается очень небольшой. При развитии сине-зеленых зоопланктона практически нет; на отмерших водорослях развивается только небольшое количество мелкой диафанозомы.

Из приведенных данных следует, что нормы внесения удобрений могут изменяться не только в разных климатических условиях, на разных почвах, но и в одном месте в зависимости от времени года.

В мае—июне 1959 г. по указанному выше принципу удобряли осетровые пруды Рогожкинского рыбоводного завода (Ростовская область). Работа проведена совместно с группой сотрудников АзНИИРХа под руководством Н. К. Алексеева.

Внесение в пруды в конце мая — начале июня 200—300 кг/га аммиачной селитры и 150—200 кг/га суперфосфата вызвало цветение зелеными, главным образом протококковыми водорослями, однако по количеству водорослей было значительно меньше, чем при таких дозировках солей в Азербайджане. Вслед за обильным цветением появилась большое количество зоопланктона.

Резкого и длительного снижения кислорода не наблюдалось. При одновременном внесении в пруд 300 кг/га аммиачной селитры и 200 кг/га суперфосфата содержание кислорода не падало ниже 4,9 мг/л.

Таким образом, то, что в Азербайджане в конце мая — начале июня неприемлемо, в Ростовской области может дать наилучший результат. Наоборот, дозы, близкие к оптимальным в Азербайджане в это время (150 кг/га аммиачной селитры и 100 кг/га суперфосфата), вызывают в условиях Ростовской области слишком слабое цветение и не могут быть рекомендованы.

Неодинаковым оказывается действие одного и того же количества азота, внесенного в пруды в виде различных химических соединений. Легче усвояемый аммиачный азот сульфата аммония вызывает большее цветение, чем то же количество азота, внесенного с аммиачной селитрой, где половина азота представлена аммиачным, а половина нитратным азотом.

Улучшив кормность прудов и сократив сроки их подготовки, мы получили возможность увеличить выход рыбной продукции с единицы площади за счет уплотненных посадок и многократного использования прудов в течение года.

Первоначально планировали однократное выращивание молоди осетровых при плотности посадки в пруды 25—30 тыс. шт/га. Экспериментальные работы, начатые в 1954 г., показали, что за счет уплотненных посадок выход рыбной продукции может быть увеличен почти в 3 раза (табл. 3).

Таблица 3

Плотность посадки в тыс. шт/га	Средняя рыбопродуктивность в кг/га	Количество прудов
20—32	56	4
43—50	85	9
75—86	160	3

На основании этих данных в 1957 г. плотность посадки весной на всей заводской площади увеличили до 75—120 тыс. шт/га, а в нескольких прудах — даже до 140—160 тыс. шт/га. Средний выход молоди весом 2,2 г с 1 га заводской площади составил

58 тыс. шт., а максимальный — 131,2 тыс. шт.

Большие плотности посадки можно применять только в высококормных прудах, так как иначе результаты могут быть получены хуже, чем при малых плотностях посадки. В табл. 4 приведены данные, характеризующие выращивание осетра и севрюги при больших плотностях посадки в прудах различной кормности.

Таблица 4

Показатели	Малокормный водоем			Высококормный водоем		
	осетр	севрюга	всего	осетр	севрюга	всего
Посажено молоди в тыс. шт/га	50	23,8	73,8	54	21,8	75,8
Выход в %	50,4	79,6	—	87,0	90,1	—
Средний вес в г при выпуске	1,2	2,0	—	2,3	5,5	—
Продуктивность в кг/га	28,0	36,2	64,2	102,2	100,2	202,4

В малокормных прудах получается почти такая же продукция (64,2 кг/га), как в высококормных прудах с низкими плотностями посадки (56 кг/га, см. табл. 3).

Разные виды осетровых рыб неодинаково реагируют на неблагоприятные условия питания при уплотненных посадках. Наиболее чувствителен к любым ухудшающимся условиям шип, затем гибриды шип×осетр и шип×севрюга. При совместном выращивании этих рыб наиболее низкий темп роста и выход продукции характерен для шипа.

При совместном выращивании осетра с севрюгой и ухудшении условий питания севрюга оказывается более стойкой.

При многократном использовании прудов плотность посадки не может быть одинаковой для всех сезонов. На азербайджанских осетровых заводах весной (май) и осенью (сентябрь, октябрь) плотность посадки в среднем может быть доведена до 70—80 тыс. шт/га. В июне ее целесообразно уменьшить до 40—60 тыс. шт/га, так как в это время пруды очень бедны донными кормами. По многолетним наблюдениям, при внесении любых удобрений максимальное количество личинок хирономид наблюдается с 15—20 мая до 1—5 июня.

Приведенные средние нормы посадки не означают, однако, что в некоторых прудах количество рыб не может быть сокращено, а в других увеличено в зависимости от состояния каждого пруда. Учитывая, что в ряде опытов весной и осенью было получено по 90—150 тыс. шт/га стандартной молоди (1,5 г и выше), указанные средние плотности посадок со временем можно будет увеличить.

Еще большее увеличение выхода рыбной продукции может быть получено при многократном использовании прудовой площади на протяжении года. В 1955 г. мы провели опыт производственного выращивания молоди осетровых в осеннее время.

В основу осеннего выращивания легли работы по выявлению внутривидовых биологических групп осетра, проведенные сотрудниками ЛГУ. По мнению Б. Н. Казанского [29], к 1953 г. вопрос об осеннем туре выращивания биологически и методически был достаточно подготовлен. Наиболее узким местом оставалось выращивание молоди в прудах в осеннем сезоне. Первые опыты в этом направлении были проведены в 1950—1952 гг., но результаты их были плохими: выход молоди 0—2,1—8,0%, в редких случаях—39,4%; средний вес молоди от 0,1 до 0,7 г, при крайне низком выходе (до 8,0%) достигал 1,3 г; выход с 1 га в наиболее благоприятный 1952 г. составил 5,1 тыс. шт.

Опыты были возобновлены с 1955 г. Нас интересовала возможность широкого использования прудов в осеннее время, установление наиболее благоприятных сроков для выращивания осетра, получение наилучших показателей по темпу роста, выживаемости и общей продукции с единицы площади.

В 1955—1956 гг. пруды были зарыблены личинками разного срока выклева: с 9 сентября по 14 октября. Наилучшие результаты получены при выращивании личинок, выклюнувшихся в сентябре. В этом случае их можно вырастить до 1,5 г и получить продукцию в 100—150 кг/га (табл. 5).

Таблица 5

Показатели	Годы					
	1955	1956	1955	1956	1955	1956
Дата выклева	17/IX	9/IX	3/X	4/X	13/X	14/X
Дата зарыбления	26/IX	18/IX	18/X	13/X	29/X	26/X
Продолжительность пребывания молоди в пруду . .	33	34	43	39	39	36
Вес в мг						
при посадке	41	41	60	43	94	37
при выпуске	1444	1520	1003	420	550	159
Продукция в кг/га	152,3	128,0	18,3	48,2	Оставлен на зимовку	4,4

Выращивание молоди, полученной в первой декаде октября, в одни годы дает лучшие, в другие годы худшие результаты, но никогда навеска не превышает 1 г. Рыбы, выклюнувшиеся в середине октября, не вырастают больше 0,2—0,5 г. Очевидно, в связи с замедленным ростом отход при более позднем выращивании увеличивается. Пониженный прирост объясняется только пониженным обменом веществ при низких температурах, так как кормов в прудах до последнего времени достаточно. Индексы наполнения желудков у рыб поздней осенью, в конце октября — в ноябре, значительно выше, чем весной.

В 1957 г. получены аналогичные данные. Основную часть прудов зарыбили подрощенной молодью весом 80—150 мг, выклюнувшейся 25 сентября. При спуске прудов молодь была средним весом 1,77 г, выход ее составил 88,4%. При зарыблении прудов молодью, выклюнувшейся 8 и 15 октября, в конце выращивания получена средняя навеска 0,56 и 0,29 г и средний выход 65,1 и 43,2%.

Результаты этих опытов свидетельствуют о том, что осеннее выращивание в производственных масштабах вполне возможно, но сроки его ограничены. Использование личинок, выклюнувшихся позже 1—3 октября, нецелесообразно. Если же первые партии личинок осетра можно получить в начале сентября и выпустить молодь из прудов к 20 октября, то хотя бы часть прудов можно успеть использовать в осеннее время вторично. Такой опыт был проведен осенью 1956 г. При правильном удобрении прудов от повторного зарыбления получены вполне удовлетворительные результаты (табл. 6).

Таблица 6

Показатели	Пруд № 11	Пруд № 13
Посажено молоди в шт.	15200	15985
Выращено молоди в шт.	15168	13131
Выход в %	99,9	82,1
Средний вес в мг		
при посадке	217	244
при выпуске	1180	1120
Продукция		
в кг/га	58,4	46,0
в тыс. шт/га	60,7	52,5
Даты		
выклева	26/IX	26/IX
зарыбления	25/X	25/X
спуска	26/XI	24/XI

По последним данным Г. С. Карзинкина, И. А. Шехановой, Е. В. Солдатовой [30], молодь весом 1 г вполне жизнеспособна и может считаться плановой. Таким образом, с учетом осеннего выращивания заводы Азербайджана могут давать в 2—2,5 раза больше молоди, чем предусмотрено при проектировании заводов.

На Куринском рыбноводном заводе при плане выпуска 0,5 млн. шт. молоди с площади 12,5 га в 1955—1956 гг. осенью при частичном использовании прудов было получено от 0,3 до 0,5 млн. шт. молоди весом 1 г (табл. 7). В 1957 г. почти все пруды зарыбляли личинками позднего выклева (5, 8, 15 октября), поэтому выход продукции был меньше и худшего качества — весом 0,5 г. В прудах, зарыбленных личинками

выклева 25 сентября, они достигли среднего веса 1,7 г при более высоком выходе.

Таблица 7

Показатели	Годы		
	1955	1956	1957
Площадь прудов в га	6,35	9,75	10,4
Посажено молоди в шт.	463062	701786	728868
Выращено молоди в шт.	286048	503260	459705
Выход в %	61,8	71,7	63,1
Средний вес в мг			
при посадке	41—114	42—117	50—235
при выпуске	1059	1090	1700 (67,7 тыс. шт.) и 503 (392 тыс. шт.)
Продукция			
в кг/га	41,7	53,1	31,2
в тыс. шт/га	45,0	51,6	44,2

Работы по многократному использованию прудов в весенне-летний период проводили в 1956—1957 гг. Использовали молодь осетровых разных видов с различными температурными оптимумами инкубации икры, благодаря чему личинок можно было получать с апреля по июнь. Быстро растущие формы (белуга, шип, севрюга) чередовали в прудах с медленно растущим осетром. В 1956 г. проведен опыт четырехкратного выращивания: два раза весной — летом и два раза осенью. В 1957 г. в весенне-летний период проведено трехкратное выращивание и осенью — один цикл. В первом обороте в 1957 г. выращивали только белугу. Так как биотехника разведения ее на Куринском рыбоводном заводе еще не была разработана, первый опыт массового выращивания дал плохие результаты по выживаемости (причины массовой гибели в прудах не установлены). Несмотря на это, мы сочли возможным использовать полученные данные, так как нас прежде всего интересовала возможность трехкратной подготовки прудов и выпуска при этом стандартной молоди. По этой же причине в третьем обороте пруды зарыбляли с недогрузкой, так как посадочного материала было мало, а нам интересно было повторно использовать возможно большую площадь. Из 18 производственных прудов завода в 10 было проведено трехкратное выращивание в весенне-летний сезон и еще в 5 прудах — двукратное.

Несмотря на недостатки первых опытов, при трех-четырёхкратном использовании прудов выход рыбной продукции с единицы площади удалось увеличить до 130—270 тыс. шт/га, что составило по весу 220—330 кг/га (табл. 8).

Переход к многократному использованию прудов потребовал очень четкой работы не только прудового, но и других цехов. Чтобы обеспечить пруды посадочным материалом, необходимо значительно увеличить пропускную способность бассейнов. Для увеличения общей продукции завода целесообразно в одних случаях пересаживать молодь из бассейнов в пруды при более низких навесках (для первых оборотов весной и особенно осенью) и подращивать ее в бассейнах до 250—300 мг для последних оборотов прудов. В связи с этим встал вопрос о возможности использования для зарыбления прудов личинок небольшого веса.

Год	Вид рыбы	Сроки выращивания	Посажено молоди в шт.	Выращено молоди в шт.	Выход в %	Средний вес в мг при		Продукция		Продолжительность пресобывания молоди в прудах в днях
						посаде	выпуске	в кг/га	в тыс. шт/га	
1956	Шип	25/V—14/VI	44933	31687	70,5	147	1910	56,0	31,7	20
		21/VI—24/VII	56617	33453	59,1	216	2912	112,0	33,5	33
	Осетр	18/IX—22/X	120700	86570	71,7	41	1520	128,0	86,6	34
		25/X—28/XI	117131	8555	6,3	276	930	5,6	8,6	41
	Суммарная продукция							301,6	160,4	
	Осетр	21/V—2/VI	106300	82488	77,6	232	1200	79,5	82,5	12
		15/VI—11/VII	79496	71723	90,2	217	1500	94,5	71,8	26
		22/IX—24/X	69271	58102	83,9	66	920	49,5	58,1	32
		25/X—26/XI	15200	15186	99,9	217	1180	58,4	60,7	32
	Суммарная продукция							281,9	273,1	
	Осетр	21/V—11/VI	135035	102899	76,2	146	2100	99,5	51,5	21
		21/VI—19/VII	102551	78007	73,5	196	1760	81,0	39,0	28
22/IX—18/X		104924	76561	73,0	69	1130	40,5	38,3	26	
Суммарная продукция							221,0	128,8		
1957	Белуга	10/V—19/V	15125	8412	55,6	409	2350	32,8	16,8	9
		Шип, шип X				318				
	X севрюга	29/V—18/VI	48410	38486	80,3	232	2020	136,2	77,0	20
		Севрюга	25/VI—24/VII	15000	9891	65,9	110	3710	71,2	19,8
	Осетр	11/X—28/XI	31400	29282	93,2	145	1620	86,4	59,0	47
	Суммарная продукция							326,6	172,6	
	Белуга	6/V—17/V	22200	5970	26,9	226	1900	20,0	11,9	11
		Севрюга	29/V—18/VI	60470	52710	87,2	120	1050	97,8	105,4
	27/VI—25/VII		12110	8980	74,2	100	3800	66,4	18,0	28
	Осетр	13/X—19/XI	33765	28710	85,0	148	1720	88,3	57,0	36
	Суммарная продукция							272,5	192,3	
	Белуга	4/V—15/V	38680	401	1,0	235	2570	1,8	0,8	11
Осетр		1/VI—25/VI	80455	65630	81,2	258	1060	105,6	131,2	24
Севрюга	2/VII—23/VII	15135	13401	88,5	271	4850	122,8	26,8	21	
Осетр	1/XI—29/XI	23400	19056	81,4	102	352	9,5	38,0	28	
Суммарная продукция							239,7	196,8		
Севрюга	27/V—18/VI	34600	29306	84,7	78	2420	137,2	58,6	22	
	27/VI—19/VII	12595	8867	70,4	138	2220	37,0	17,7	22	
Осетр	4/XI—18/XI	43653	38240	87,6	121	350	17,6	76,0	14	
Суммарная продукция							191,8	152,3		

На основании данных, полученных на Куринской рыбоводной станции в 1949—1951 гг., сложилось мнение о невозможности зарыбления прудов личинками при переходе их на активное питание и мало подрощенными (до 150 мг). Поэтому при комбинированном методе выращивания планировали зарыбление прудов личинками весом 200—300 мг.

При многократном использовании прудов пришлось вновь вернуться к рассмотрению этого вопроса. Большинство опытов в этом направлении проводили осенью, так как весной завод выполнял план и экспериментальные работы были ограничены.

Осенью 1955 г. при зарыблении прудов личинками, находящимися в стадии перехода на активное питание (40—45 мг), были получены значительно лучшие результаты, чем на Куринской рыбоводной станции. На площади 2,75 га вырастили 139 тыс. шт. осетра средним весом 1,15 г при выходе 53,2%. Осенью 1956 г. на площади 4,25 га вырастили 261 тыс. шт. средним весом 1,02 г при выходе 67,1%.

На основании результатов, полученных при зарыблении прудов личинками малого среднего веса (табл. 9), мы считаем вполне возможным в случае необходимости использовать для зарыбления прудов мало подрощенных личинок и даже личинок при переходе на активное питание. Только в этом случае особое внимание следует обращать на чистоту прудов.

Таблица 9

Показатели	1955 г.			1956 г.			
	весна		осень	весна		осень	
	подрощенные личинки	личинки при переходе на активное питание	подрощенные личинки	личинки при переходе на активное питание	подрощенные личинки	личинки при переходе на активное питание	подрощенные личинки
Средний вес молоди при посадке в мг.	113	41	88	39	127	42	85
при выпуске в г	1,5—4,0	1,15	1,02	3,71	2,72	1,02	1,16
Площадь прудов в га	5,5	2,75	4,6	1,3	7,0	4,25	5,5
Посажено молоди в шт.	339741	261176	221296	130500	490273	389195	312491
Выращено молоди в шт.	232486	139021	164943	51644	328807	261137	242123
Выход в %	68,5	53,2	74,5	39,6	66,7	67,1	77,5
Выращено в % от годового плана 1956 г. (800 тыс. шт.)	29,1	17,4	20,6	6,4	41,1	32,6	30,2
	67,1			110,3			

При производственном выращивании осетровых в 1955—1956 гг. из 2,2 млн. шт. выпущенной стандартной молоди на долю мало подрощенных рыб приходилось 1,4 млн. шт.

В результате работ по удобрению прудов, применению уплотненных посадок, комбинированному выращиванию разных видов осетровых, сокращению сроков подготовки прудов, многократному зарыблению прудов с использованием посадочного материала разных навесок удалось значительно повысить выход рыбной продукции с единицы площади.

В 1949—1951 гг. продукция прудов была равна 12,5 кг/га. В 1952 г. после первых опытов по удобрению прудов она составила 39,7 кг/га. В 1954 г. (первый год работы нового Куринского производственно-экс-

периментального осетрового рыбоводного завода) выход продукции по всей заводской площади возрос до 72,6 кг/га (30 тыс. шт/га). К 1956—1957 гг. было получено 214—228 кг/га (108—117 тыс. шт/га). Общий выход продукции вместо первоначально запланированного 0,5 млн. увеличился до 1,4—1,5 млн. шт.

Такое увеличение выхода продукции было достигнуто в результате многократного использования только части площади прудов, довольно сильно зараженных листоногими раками. Очевидно, при устранении этого недостатка и более полном использовании прудов выход рыбной продукции может быть еще увеличен.

ВЫВОДЫ

1. Применение азотно-фосфорных удобрений для увеличения выхода продукции из осетровых прудов Азербайджана дает лучший эффект, чем применение рыбного тука.

2. Для получения максимального выхода рыбной продукции при использовании минеральных удобрений надо соблюдать следующие условия: удобрения следует вносить в пруды, лишенные растительности; необходимо строго согласовывать сроки заливки прудов, внесения удобрений и их зарыбления.

3. Дозировка азотно-фосфорных солей может изменяться не только в разных климатических условиях, но и по сезонам года (весна, лето, осень).

4. При правильном внесении удобрений можно добиться значительного увеличения планктонных и бентосных кормов и сокращения сроков подготовки прудов. Все это позволяет увеличить плотность посадки рыб, а в южных районах страны использовать пруды несколько раз в год.

5. Применение в качестве удобрения азотно-фосфорных солей, а также уплотнение посадок и многократное использование части прудовой площади на Куринском производственно-экспериментальном осетровом рыбоводном заводе позволило значительно увеличить выход рыбной продукции.

При трех-четырёхкратном использовании прудов выход осетровой молоди был увеличен до 130—270 тыс. шт/га, что составило по весу 220—330 кг/га.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Н. К., О расселении личинок хирономид по водоемам, «Вопросы ихтиологии», 1955, вып. 5.
2. Баранов И. В., Исследование фотосинтеза в водоемах силурийского плато Ленинградской области, «Вестник ЛГУ», 1948, № 7.
3. Баславская С. С., Кобленц-Мишке О. И., Удалова Л. А., Чистякова Е. А., Действие удобрений на фотосинтетическую деятельность фитопланктона в водоеме, ДАН СССР, т. 82, № 5, 1952.
4. Баславская С. С., Кобленц-Мишке О. И., Удалова Л. А., Чистякова Е. А., Повышение синтеза органических веществ в водоемах путем внесения удобрений, в сб. «Водоемы государственной лесной пограничной полосы Камышин—Сталинград и вопросы их рыбохозяйственного освоения», изд-во МГУ, 1953.
5. Богатова И. Б., Количественные данные о питании *Cyclops strenuus* Fischer и *Cyclops viridis* Jurine, Труды Саратовского отд. ВНИРО, т. 1, 1951.
6. Бородич Н. Д., Питание личинок *Chironomus f. l. plumosus* и некоторые другие стороны их биологии, Автореферат диссертации, М., 1952.
7. Винберг Г. Г., Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера, Труды лимнологической станции в Косино, т. 18, изд-во ЦУЕГМСа СССР, 1934.
8. Винберг Г. Г., Некоторые общие вопросы продуктивности озер, Зоологический журнал, 1936, т. 15.
9. Винберг Г. Г., Наблюдения над фотосинтезом и дыханием планктона рыбных прудов, Труды лимнологической станции в Косино, т. 21, изд-во ЦУЕГМСа СССР, 1937.

10. Винберг Г. Г., Биологические основы минерального удобрения рыбоводных прудов, Успехи современной биологии, т. XXXIV, вып. 1 (4), 1952.
11. Винберг Г. Г., Первичная продукция водоемов, АН БССР, 1960.
12. Гаевская Н. С., О методах выращивания живого корма для рыб, Труды Мосрыбвтуза, вып. 3, Пищепромиздат, 1940.
13. Гаевская Н. С., Опыт установления кормового коэффициента водорослевого корма для *Daphnia magna* в полевых условиях, Зоологический журнал, 1945, т. XXIV, вып. 2.
14. Гаевская Н. С., О пищевой элективности у животных-фильтраторов, Труды Всесоюзного гидробиологического общества, т. 1, 1940.
15. Гаевская Н. С., Выращивание массовых культур протококковых водорослей для рыбного хозяйства, Труды Всесоюзного гидробиологического общества, т. V, 1953.
16. Грезе В. Н., Придонный планктон, его роль в питании рыб и методика учета, Зоологический журнал, 1951, т. XXX, вып. 1.
17. Гусева К. А., «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним, Труды Всесоюзного гидробиологического общества, т. IV, 1952.
18. Державин А. Н., Рыбоводство и сельское хозяйство в бассейне р. Куры, Материалы к познанию русского рыболовства, т. IV, вып. 12, 1915.
19. Дзюбан Н. А., О питании некоторых Cyclopidae, ДАН СССР, т. XVII, № 6, 1937.
20. Дзюбан Н. А., Новые данные о питании некоторых Copepoda, Труды Мосрыбвтуза, вып. 2, Пищепромиздат, 1939.
21. Елеонский А. Н., Рыбоводство в естественных и искусственных водоемах, Всесоюзное кооперат. изд-во, М.-Л., 1936.
22. Жадин В. И., Итоги Северо-Кавказской гидробиологической экспедиции, Труды ЗИНа, т. XXVI, АН СССР, 1959.
23. Ивлев В. С., Интенсивность фотосинтеза и рыбная продукция прудов, Бюллетень МОИПа, отд. биол., 48, 1939.
24. Иоффе Ц. И., Влияние органических удобрений на развитие кормовой базы в водоеме, «Вестник ЛГУ», 1950, № 8.
25. Иоффе Ц. И., Повышение кормовой базы прудов органическими удобрениями, Труды проблемных и тематических совещаний ЗИНа, АН СССР, вып. 2, 1954.
26. Исакова-Кео М. М., Опыт повышения продуктивности прудов, Труды Лаборатории основ рыбоводства, ЛГУ, т. 1, 1947.
27. Исакова-Кео М. М., Зональный метод выращивания живых кормов и его значение для прудовых хозяйств и рыбоводных заводов, «Вестник ЛГУ», 1950, № 8.
28. Казанский Б. Н., Размножение и разведение куринского осетра в осенний сезон, ДАН СССР, т. 89, № 5, 1953.
29. Казанский Б. Н., Результаты внедрения в производство второго тура осетроводных работ в низовьях р. Куры, «Рыбное хозяйство», 1953, № 4.
30. Карзинкин Г. С., Шеханова И. А., Солдатов Е. В., Некоторые итоги массового мечения молоди осетра радиоактивным фосфором (печатается в настоящем сборнике).
31. Кастальская-Карзинкина М. А., Материалы по питанию дафний, Зоологический журнал, 1942, т. XXI, вып. 4.
32. Константинов А. С., О разведении нового корма для рыб, ДАН СССР. Новая серия, 79, № 4, 1951.
33. Кузнецов С. И., Сравнительное изучение азотного, фосфорного и кислородного режима Глубокого и Белого озер, Труды лимнологической станции в Косино, вып. 17, изд-во ЦУЕГМСа СССР, 1934.
34. Кузнецов С. И., Биологический метод оценки богатства водоема биогенными элементами, «Микробиология», 1945, т. 14, вып. 4.
35. Кузнецов С. И., Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах, АН СССР, 1952.
36. Мануйлова Е. Ф., К вопросу о цикличности размножения *Cladocera*, ДАН СССР, т. 73, № 2, 1950.
37. Мануйлова Е. Ф., Опыт первого года работы по повышению продуктивности водоемов Новгородской области, Труды проблемных и тематических совещаний, ЗИН АН СССР, вып. 1, 1951.
38. Мануйлова Е. Ф., К вопросу о связи развития *Cladocera* с пищевым фактором, ДАН СССР, т. XC, № 6, 1953.
39. Мануйлова Е. Ф., Некоторые данные о динамике численности ветвистоусых рачков в озерах в связи с термическими и пищевыми факторами, Труды проблемных и тематических совещаний, ЗИН АН СССР, вып. II, 1954.
40. Мессинева А. А. и Панкратова В. Я., Разложение пресноводного фитопланктона и роль микроорганизмов в этом процессе, Труды лаборатории генезиса и сапропелей, т. 2, 1941.
41. Мильштейн В. В. и Улезко В. В., О выращивании молоди осетровых в прудах, «Рыбное хозяйство», 1954, № 8,

42. Мильштейн В. В., Сравнительно-экологический анализ молоди осетровых в период прудового выращивания, Автореферат диссертации, Л., 1959.
43. Мовчан В. А., Экономические основы интенсификации роста карпа, АН УССР, Киев, 1948.
44. Мусатова А. Я. и Кузнецов С. И., Управление продуктивностью водоемов путем использования биологических методов при внесении удобрений, Труды Института микробиологии АН СССР, 1, 1951.
45. Новобранцев П. В., Развитие бактерий в озерах в зависимости от наличия легко усвояемого органического вещества, «Микробиология», 1937, № 6.
46. Петренко И. Н., Физиологическая оценка живых кормов при выращивании молоди осетра, Автореферат диссертации, изд. ТСХ, М., 1951.
47. Родина А. Г., Роль бактерий в питании Cladocera, Труды ЗИНа АН СССР, т. VIII, вып. 3, 1948.
48. Родина А. Г., Опыт по питанию *Daphnia magna*, Зоологический журнал, 1946, т. 25, вып. 3.
49. Родина А. Г., Бактерии как пища водных животных, «Природа», 1949, № 10.
50. Родина А. Г., Роль бактерий в питании личинок тендилепид, ДАН СССР, т. 67, № 6, 1949.
51. Родина А. Г., Экспериментальное исследование питания дафний, Труды Всесоюзного гидробиологического общества, т. II, АН СССР, 1950.
52. Родина А. Г., О роли отдельных групп бактерий в продуктивности водоемов, Труды проблемных и тематических совещаний, ЗИН АН СССР, вып. 1, 1951.
53. Родина А. Г., Об очередных задачах водной микробиологии в области повышения продуктивности рыбоводных прудов, Труды проблемных и тематических совещаний, ЗИН АН СССР, вып. II, 1954.
54. Рылов В. М., Исследования озер СССР, вып. 8, Л., 1935.
55. Салимовская-Родина А. Г., Местонахождение азотобактера в пресных водоемах, ДАН СССР, т. 25, № 5, 1939.
56. Сборник производственных инструкций по прудовому рыбоводству, Латгосиздат, 1949.
57. Скадовский С. Н., Савич В. И., Брюхатова А. Л., Исследование оз. Биссерова, Круглого и Неклюдова, Труды Звенигородской гидрофизиологической станции Института экспериментальной биологии, изд. МГУ, 1928.
58. Францев А. В., Опыт оценки гидробиологической производительности московской воды, «Микробиология», 1932, т. I, вып. 2.
59. Широкова В. И., К биологии впервые заливаемых рыбохозяйственных прудов, Труды Воронежского отделения Всесоюзного н.-и. института прудового рыбного хозяйства, т. 2, изд. Воронежского гос. ун-та, 1936.
60. Chu S. P., Growth of planktonic algae, Journ. of Ecology, Vol. 30, N 2, 1942.
61. Demoll R., Teichdüngung, Handb. d. Binnenfischerei, 4, 1925.
62. Edmondson W. T., Edmondson I. N., Measurement of production in fertilized salt water, Journ. Mar. Res., 6, 1947.
63. Gaarder T., Untersuchungen über Productions und Lebensbedingungen in norwegischen Auster—Pollen, Bergens Museums Arbök, N. R., N 3, 1932.
64. Mortimer C. H., Experimentelle Untersuchungen die Generations Wechsel der Cladoceren, «Zoologische Jahrbücher» Abt. allg. Zoologie, Bd. 56, N 3, 1936.
65. Pauly M., Die Einwirkung von Mineraldüngung auf die planktonischen Lebewesen in Teichen, Z. f. Fischerei, 20, 1919.
66. Probst E., Teichdüngung, Die Bedeutung des Phosphors, Allg. Fisch. Ztg, 8; 9, 1950.
67. Smith E. V. and Swingle H. S., The use of fertilizer for controlling the pondweed *Najas quadalupensis*, Tr. 6th N. Am Wildlife Conf, 1941.
68. Smith E. V. and Swingle H. S., The use of fertilizer for controlling several submerged aquatic plants in ponds, Tr. Am. Fish. Soc. 71, 1942.
69. Walter W., Wunder, Die Grünfärbung des Wassers in schlesischen Karpenteichen, Fischerei Zeitung, Nr. 50, Bd. 38, 1935.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЯДОХИМИКАТОВ ДЛЯ БОРЬБЫ
С ЛИСТОНОГИМИ РАКАМИ***И. Ф. ВЕЛЬТИЩЕВА*

Воспроизводство осетровых рыб при зарегулированном стоке Волги, Дона, Куры в значительной мере должно осуществляться за счет искусственного рыборазведения. На 6 построенных осетровых заводах запланировано полное или частичное выращивание молоди в прудах.

В первые годы в прудах этих заводов обнаружено массовое развитие листоногих рачков (*Phylloroda*). Они являются, по-видимому, конкурентами в питании кормовых организмов. Бороздя дно, листоногие раки нарушают условия жизни личинок хирономид. Вода при этом настолько взмучивается, что исчезают водоросли и засоряется фильтрационный аппарат кладоцер. Кроме того, щитни в большом количестве поедают дафний и хирономид [1]. В конечном итоге за очень короткий период исчезают все корма, и пруды становятся непригодными для выращивания рыбы.

По наблюдениям И. Б. Богатовой, в экспериментальных условиях крупные щитни уничтожали даже личинок осетра весом до 100 мг. Мы наблюдали, как щитни, находясь вместе с осетром в рыбоуловителе, съедали хвостовую часть тела (до анального отверстия) у рыб весом 700—800 мг.

Вред, приносимый листоногими, огромен. Выращивание молоди осетровых в прудах, зараженных листоногими, невозможно, или результатом его является получение крайне низкой продукции (табл. 1).

Борьба с листоногими чрезвычайно сложна ввиду особенностей их биологии, приспособительных свойств для сохранения вида.

Так как Куринский производственно-экспериментальный осетровый рыбоводный завод является наиболее старым действующим заводом (с 1954 г.) и его прудовая площадь используется по нескольку раз в год, то вредное действие листоногих рачков начало сказываться здесь раньше и в большей мере, чем на других заводах.

В настоящее время возможность использования прудовой площади ограничена развитием листоногих на таком крупном осетровом заводе, как Рогожкинский (Ростовская область). Массовое развитие листоногих в прудах вызвало необходимость проведения в 1959 и 1960 гг. в Азербайджане и Ростовской области специальных научных работ по борьбе с ними.

Промывка прудов, практикуемая на Куринском осетровом заводе и рекомендованная И. Б. Богатовой [1], не уничтожает листоногих полностью, а лишь уменьшает их количество. Даже в хорошо спланированных прудах остаются лужи и канавки, в которых листоногие задерживаются до следующего залития и вновь откладывают яйца. В больших количествах остаются яйца по урезу воды. Иногда пруды становятся

Таблица 1

Показатели	Пруды, сильно зараженные		Пруды, слабо зараженные	
	щитнем (пруд № 1)	щитнем и лептестерией (пруд № 7)	пруд № 7	пруд № 9
Посажено молоди в шт.	57733	30200	79338	40250
Выращено молоди в шт.	37712	2168	54306	25410
Выход в %	65,7	7,1	67,2	63,6
Вес в мг				
при посадке	75	40	41	40
при спуске	338	253	1444	1775
Продукция				
в кг/га	9,9	0,9	152,3	88,1
в тыс. шт/га	37,7	4,3	108,6	50,8
Продолжительность выращивания в днях .	19	30	33	40

пригодными для выращивания рыбы после второй-третьей промывки, а в ряде случаев приходится промывать их 4—5 раз, что нарушает график рыбоводных работ. Поэтому провокационное залитие прудов можно рассматривать как временную меру, но не как способ борьбы с листоногими.

Мы проводили работу в 1957 г. на Куринском осетровом заводе совместно с Б. Д. Сурновой и В. Н. Злоказовым, при участии П. А. Сидорова. В 1958—1959 гг. опыты проведены в лаборатории физиологии рыб ВНИРО.

В настоящей статье излагаются результаты опытов по применению ядохимикатов для борьбы с листоногими раками, что мы считаем одним из возможных путей борьбы с ними.

Все препараты для опытов получены нами в токсикологической лаборатории научно-исследовательского института удобрений и инсекто-фунгисидов им. Самойлова (НИУИФ). Сотрудники Института Е. А. Покровский, П. В. Попов и А. С. Седых неоднократно давали нам консультации и рекомендации по применению тех или иных веществ, за что, пользуясь случаем, выражаем им самую глубокую благодарность.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ЛИСТОНОГИХ

Из листоногих раков на Куринском осетровом заводе в большом количестве развивались щитни из рода *Apus* (семейство Apodidae) и *Leptesteria* (семейство Limnadiidae).

Листоногие обладают очень большой воспроизводительной способностью. По данным В. Чувахина [4], одна самка щитня может отложить до 360 яиц. По данным И. Б. Богатовой [1], крупная самка щитня из куринских прудов одновременно откладывает до 590 яиц, а за свою жизнь может отложить 2—3 тыс. яиц. В более чистых прудах количество яиц щитня в разных участках пруда колеблется от 30 до 100 млн. шт/м², а в более зараженных—от 100 до 350 млн. шт/м².

Данных по плодовитости лептестерий у нас нет, но, согласно визуальным наблюдениям, она еще выше, чем у щитня.

Высокая плодовитость раков и способность яиц переносить неблагоприятные условия выработались как приспособительное свойство для сохранения вида в пересыхающих водоемах. Эти особенности и

делают борьбу с листоногими особенно сложной. Борьба затрудняется еще тем, что не все отложенные яйца выклеваются одновременно. В. Чувакин [4] отмечает, что одновременно отложенные яйца щитня могут начать развиваться в разное время: через несколько дней или через несколько месяцев. У яиц, отложенных весной и летом, наблюдается биологическая разнокачественность.

Большое значение для развития яиц имеет толщина грунта над ними: развиваются яйца, лишь чуть прикрытые грунтом (до 1 мм). В опытах В. Чувакина при толщине ила 1 см выклева практически не было (одна личинка за 27 дней). Через 2,5 месяца грунт перемешали, после чего наблюдался усиленный выклев. Повторное перемешивание грунта через год дало новую вспышку выклева.

У А. Н. Липина [2] имеется указание на то, что яйца листоногих, пролежавшие в сухом иле 14—15 лет, при погружении в воду начинают развиваться.

Щитни закапывают яйца в гнезда, и только часть их попадает на поверхность. Мы находили яйца щитня в очень плотном глинистом грунте на глубине 2,5—3,5 см. Взятые с этой глубины и помещенные в воду они начинали развиваться, и на вторые сутки происходил выклев (1092 шт. с 1 м²).

Яйца лептестерии, как и яйца щитня, в очень большом количестве были обнаружены нами на глубине 3,5 см. Из яиц, взятых для инкубации с любой глубины, выклевалось от 0,6 до 40,2 тыс. рачков с 1 м² (табл. 2).

Таблица 2

Глубина грунта в см	Количество живых яиц на 1 м ² при толщине слоя грунта 1 см	После промывки слоя грунта толщиной 1 см на 1 м ²		
		выклюнулось листоногих		осталось живых яиц
		в шт.	в %	
0—0,5	47424*	624	1,3	46800
0,5—1,5	112788	40248	35,7	72540
1,5—2,5	103116	8736	8,4	94380
2,5—3,5	14664	1716	11,7	12948

* Меньшее количество яиц в поверхностном слое связано с промывкой пруда, а меньший выклев, очевидно, можно объяснить большим количеством только что выпавших яиц, из которых, вероятно, сразу выклева не происходит.

Наличие двух защитных оболочек, толстой хитинизированной и более тонкой гиалиновой, делает яйца особо жизнестойкими.

Обработка яиц щитня в течение 1,5 суток 2%-ным и 10%-ным раствором хлорной извести снижает процент выклева по сравнению с контролем соответственно на 23 и 40%, но полностью не уничтожает их.

Приведенные данные еще раз подчеркивают трудность борьбы с листоногими раками.

Биологическая борьба, на наш взгляд, не может дать хороших результатов. Очевидно, трудно найти такой объект, который в очень короткое время нацело уничтожил бы листоногих. И лептестерия, и щитень довольно быстро созревают, благодаря чему при неполном выедании их пруды вновь будут заражаться. При новом зарыблении прудов осетровыми листоногие через больший или меньший промежуток времени могут давать новые вспышки. Более эффективны, по-видимому, химические меры борьбы.

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЛИСТОНОГИМИ

В целях борьбы с листоногими раками был испытан ряд препаратов, применяемых в сельском хозяйстве для уничтожения вредителей различных культур.

Эта борьба может идти по двум направлениям: по пути уничтожения яиц в грунте и рачков в воде после выклева.

Первый способ, безусловно, более радикальный, но, учитывая стойкость и глубину залегания яиц, найти средство для уничтожения их значительно труднее, чем для борьбы с раками.

При применении второго способа ввиду одновременного выклева листоногих может потребоваться многократная обработка прудов. Поэтому удобнее было бы иметь дело с сильнодействующим веществом, быстро разлагающимся в воде, чтобы пруды можно было использовать для рыбоводных целей без спуска и дополнительных промывок.

Опыты проводили с листоногими, рыбой и кормовыми организмами: хирономидами, дафниями, олигохетами. Испытывали применяемый в качестве удобрений сульфат аммония, препарат овицидного действия—эфирсульфонат, препараты высокой токсичности из динитро-ортокрезолятов — арбазан и селинон, а также фосфорорганические соединения: октаметил, препарат № 22, полученный в НИУИФ, хлорофос, дитиофос, пирофос, тиофос.

Исследовали большое количество яиц и рачков. Так как мы стремились найти препарат, полностью уничтожающий листоногих или их яйца, то после обработки ядохимикатами часто точного количественного учета не вели, а давали грубую оценку: много, десятки, единицы,—или отмечали время жизни в том или ином растворе. Для наших целей мы считали такой способ учета приемлемым.

Опыты проводили главным образом с яйцами щитня, взятыми из прудов, а в некоторых случаях—в прудах.

Сульфат аммония. Впервые применен в 1955 г., когда после промывки пруда оставшиеся лужи протравливали сульфатом аммония. Идея борьбы с листоногими таким путем была основана на высокой чувствительности живых организмов к повышенному содержанию в воде азота, особенно аммиачного (табл. 3).

Таблица 3

Концентрация сульфата аммония в %	Продолжительность жизни в час. и мин.	
	листоногих	личинки осетра весом 48 мг
10	0—04	—
1,0	0—11	—
0,1	0—16	—
0,05	3—00	3—00
0,01	20—00	24—00
0,001	20—00	Живы до конца опыта
Контроль	Живы до конца опыта	То же

Однако этот метод борьбы с листоногими путем применения веществ, которые впоследствии могут быть использованы как удобрения, приемлем только в очень небольших водоемах. Применение 0,05—0,1%-ного раствора в пересчете на объем пруда (при средней глубине 1 м) потребует внесения 5—10 т/га сульфата аммония. Меньшие дозы (0,001%, или 100 кг/га) в экспериментальных условиях действуют мед-

ленно, а в прудах быстро развивающиеся водоросли снимают ядовитое действие азота. Азотными удобрениями вполне возможно протравливать оставшиеся после спуска лужи. Общее количество внесенных солей в этом случае не превышает минимальных доз удобрений.

На яйца листоногих не действуют даже очень высокие концентрации солей, а небольшое их количество стимулирует выклев.

В наших опытах выдерживание яиц щитня на протяжении суток в 20- и 60%-ном растворе сульфата аммония с последующей инкубацией их в чистой воде дало следующие результаты: в контроле выклюнулось 741 рачок, из яиц, выдержанных в 20%-ном растворе,—955 рачков, а в 60%-ном—602 рачка.

Стимулирующее действие небольших доз сульфата аммония наблюдалось и при обработке участков ложа пруда.

Эфирсульфонат. Этот препарат является хорошим овицидом и мало ядовит для теплокровных животных. В сельском хозяйстве его применяют в концентрации 0,1—0,4%. Мы выдерживали яйца щитня в течение 1—3 суток в растворе концентрацией 0,5—5,0%. Во всех случаях наблюдалась стимуляция выклева. Так, после двухсуточной обработки яиц 1%-ным раствором выклюнулось 1111 щитней, а в контроле—741. При обработке яиц на протяжении 17 час. растворами эфирсульфоната разной концентрации были получены следующие результаты: в контроле выклюнулось 30 шт., при концентрации эфирсульфоната 0,5; 1,0 и 5,0%—соответственно 40, 38 и 42 шт.

При смачивании яиц в грунте результаты получились аналогичными.

Водная вытяжка из грунта, обработанного 1%-ным раствором, оказалась неядовитой ни для дафний, ни для молоди осетра весом 4—5 г.

Применение более высоких концентраций мы считали нецелесообразным.

Октаметил. Это сильный яд, хорошо растворимый в воде, но довольно медленно разлагающийся. В сельском хозяйстве применяется в концентрации 0,1—0,2%. Испытанные нами более высокие концентрации (1,0—5,0%) вызывали частичную гибель яиц. При выдерживании яиц щитня на протяжении 17 час. в октаметиле разной концентрации значительная гибель их обнаружена только в 5%-ном растворе.

При обработке яиц 1%-ным октаметилом в течение 2 суток щитней выклевывалось лишь немногим меньше, чем в контроле: 706 вместо 741. Следовательно, эффективным может оказаться применение только 5%-ного раствора. Но, учитывая медленное разложение октаметила и высокую чувствительность к нему живых организмов, вряд ли можно считать целесообразным его применение.

Чувствительность живых организмов к октаметилу неодинакова. Совершенно безвредны 0,00001%-ные растворы. Дафнии погибали при концентрации октаметила 0,0001%, щитни—в 0,0005%-ном растворе, а осетры весом 4—5 г чувствовали себя нормально при концентрации октаметила 0,001% и не обнаруживали признаков угнетения в вытяжке из грунта, обработанного 1%-ным раствором, тогда как все рачки в этом растворе погибали.

Арбазан был испытан в качестве очень сильного овицида и яда для живых организмов. Рекомендуемая концентрация этого вещества 0,5—1,0%. Протравливание яиц на протяжении 2 суток 0,5%-ным раствором арбазана привело к значительному сокращению выклева: если в контроле выклюнулось 741 щитень, то после обработки арбазаном—156 шт. Применение более высоких концентраций (до 5%) давало примерно такие же результаты, как протравливание 0,5%-ным раствором.

Результаты выклева щитня после 17-часовой обработки яиц арбазаном различной концентрации оказались следующими: в контроле выклюнулось 30 шт., а при концентрации арбазана 0,5; 1,0 и 5,0% — соответственно 8, 11 и 7 шт.

Арбазан оказался очень сильным ядом для всех живых организмов. В водной вытяжке из грунта, обработанного 0,5%-ным арбазаном, дафнии погибли через 12—20 час., а молодь осетра весом 4—5 г — через 10—15 мин. В 0,0005%-ном растворе арбазана гибнет все живое: молодь осетра, дафнии, щитни, лептестерия. Раствор концентрацией 0,00001% действует угнетающе, и только 0,000001%-ный раствор не оказывает ядовитого действия.

Селинон. Поскольку немецкий препарат арбазан оказался наиболее сильным ядом и для яиц, и для живых рачков, дальнейшие работы в этом направлении были продолжены с отечественным препаратом из динитро-орто-крезолятов типа селинона. Результаты опыта оказались лучше, чем при применении арбазана. Селинон в концентрации 0,5—0,8% полностью уничтожал яйца щитня, однако эффективность действия определялась временем соприкосновения яиц с ядом (табл. 4).

Таблица 4

Концентрация препарата в %	Количество щитня, выклюнувшегося из грунта, обработанного селиноном и простоявшего на солнце	
	40 мин.	15 мин.
Контроль (вода)	Очень много	Очень много
0,1	Десятки	Очень много
0,3	Единицы	Много
0,5	Нет	Десятки
0,8	"	"
1,0	"	"
5,0	"	"

Из испытанных препаратов селинон оказался единственным ядохимикатом, действующим на яйца щитня при сравнительно небольшой концентрации (0,5%) и непродолжительном контакте с ядом (40 мин.). Недостатком этого препарата оказалась высокая его стойкость. Как показали наши опыты, для разложения его требуется длительный срок — больше месяца, а промежуточные продукты распада (нитраты) оказываются более ядовитыми, чем селинон.

В табл. 5 приведены результаты двух опытов по обработке участков пруда различными концентрациями селинона. В период наблюдений стояла жаркая солнечная погода. С обработанных участков пруда периодически брали грунт, насыпали его тонким слоем (1 см) в кристаллизатор и заливали 2 л воды. Через 20—30 мин. в кристаллизаторы помещали рыбу.

При обработке участков пруда раствором концентрацией 0,3% и выше токсические свойства грунта сохранялись на протяжении месяца, в течение которого вели наблюдения.

Концентрации селинона, уничтожавшие яйца щитня в опытах, были опробованы затем в трех прудах площадью 0,1 га каждый.

Два пруда обработали 0,5%-ным раствором селинона. Способы обработки были различными. В один из них (№ 29) путем опрыскивания внесли 20 кг/га селинона. Ложе другого пруда (№ 24) смочили из лейки, израсходовав 50 кг/га селинона.

Таблица 5

Продолжительность периода в сутках от обработки грунта до испытания водных вытжек из него	Продолжительность жизни молоди рыб в час. и мин. при концентрации селинона в % в период обработки грунта			
	0,1	0,25 (0,3)	0,5 (0,6)	0,75 (0,8)

Севрюга

2	—	0—37	0—20	0—20
4	6—30	0—40	0—38	0—26
9	48—00	2—00	1—17	0—43
11	2,5 суток	2—05	0—27	0—22

Жерех

19	3 суток	23—00	3—00	4—00
27	—	1—50	1—35	1—00

Примечание. В скобках указана концентрация селинона в опытах с жерехом.

При обработке пруда № 29 из опрыскивателя системы «Автомакс» грунт, смоченный тонким слоем, через 10—15 мин. становился сухим. Вероятно поэтому никакого эффекта от протравливания пруда не было. Через несколько дней после залития в нем появилось такое же большое количество листоногих, как и в контрольном. Однако при повторном залитии лептестерии в этом пруду было значительно меньше (71 шт. на 160 л воды), чем во всех остальных (244, 292, 371 шт. на тот же объем воды).

При обработке пруда № 24 из лейки ложе пруда дольше оставалось влажным, поэтому та же концентрация селинона (0,5%) дала совершенно иной эффект. В первые дни после залития пруда лептестерия не обнаружена, тогда как в контрольном пруду в это время ее было очень много. Через 10 дней в опытном пруду появилось небольшое количество крупных рачков. При повторном залитии лептестерии в этом пруду было значительно меньше (24 шт. на 160 л), чем в необработанных прудах (514, 546, 664 шт. на тот же объем).

Так как при обработке 0,5%-ным раствором небольшое количество листоногих все же оставалось, мы испробовали более крепкий 1%-ный раствор. В пруд внесли 100 кг/га селинона.

На третьи сутки после обработки пруд залили. На четвертые сутки после залития вода в пруду была ядовита. Листоногие практически не встречались (3 шт. на 160 л вместо 514—664 шт. в контрольных прудах). Циклопов и мoin также не было, в то время как в контрольных прудах их насчитывалось 1,5—2,4 тыс. шт. на 160 л. В планктоне обнаружены только коловратки — 475 шт. на тот же объем воды.

При лабораторных исследованиях в воде из опытного пруда погибали лептестерии, щитни, дафнии, личинки хирономид. Трехсуточные личинки осетра, сазан, жерех весом 1—2 г были живы в течение трех суток.

Так как для развития кормов пруд оказался непригодным, то его спустили, а затем вновь залили. При повторном залитии лептестерии оказалось несколько больше, чем в первый раз: 16 шт. вместо 123 шт. в контроле (на 160 л).

Первые четверо суток после залития вода была ядовита и, кроме коловраток, в ней ничего не было. В лабораторных опытах в этой воде гибли лептестерии, щитни, дафнии, личинки осетра.

С пятых суток начали появляться различные животные. К восьмым суткам в опытном пруду было много моин, циклопов и только что выклюнувшихся личинок хирономид. Лептестерии продолжали встречаться единичными экземплярами. В лабораторных опытах, проведенных с водой из пруда, лептестерии, дафнии, личинки осетра, мальки жереха не погибли.

Для водорослей вода оказалась неядовитой. Удобрения, внесенные на вторые сутки после повторного залития, вызвали хорошее цветение и через 11 суток в опытном пруду зоопланктона было больше, чем в контрольных прудах.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что селинон может быть использован для борьбы со щитнем, для протравливания ложа пруда 0,5—1,0%-ным раствором, из расчета 1 л раствора на 1 м², что составляет 50—100 кг/га. Однако пруды можно обрабатывать селиноном только по окончании рыбоводных работ или при больших перерывах между ними, так как для разложения селинона в почве требуется большой срок (больше месяца) или необходима промывка прудов, что менее желательно, так как обрасываемая из прудов вода попадает в реки.

Что касается небольшого количества лептестерии в опытных прудах, то мы затрудняемся сказать, выклюнулись ли эти рачки из яиц, уцелевших после протравливания, или были занесены из соседних прудов и верхних участков необработанных дамб.

Стремясь найти сильнодействующие препараты, разлагающиеся в возможно более короткие сроки, мы испытали ряд фосфорорганических соединений.

Препарат № 22 и хлорофос. При испытании этих препаратов летальными для яиц щитня оказались концентрации от 0,1 до 10%. Они изменялись в зависимости от продолжительности контакта яиц с ядом (табл. 6).

Таблица 6

Продолжительность контакта яиц с ядом в часах	Летальные концентрации препаратов в %	
	препарата № 22	хлорофоса
48	0,1	1,0
22	1,0	5,0
3	5,0	10,0

Так как пруды обрабатывают летом и смоченная почва быстро высыхает, на практике нужно ориентироваться на концентрации, дающие положительный эффект при непродолжительном контакте яиц с ядом. В данном случае, очевидно, это будет 5%-ный раствор препарата № 22 и 10%-ный раствор хлорофоса. При 5%-ной концентрации хлорофоса яйца

уничтожались неполностью. Внесение же в пруды ядохимикатов в больших количествах (500—1000 кг/га), необходимых для получения высоких концентраций этих препаратов, вряд ли можно рекомендовать.

Взрослые рачки погибают также при довольно больших концентрациях — 0,01—0,1%.

На основании полученных результатов опыты с этими препаратами были прекращены.

Дитиофос. Эффективной концентрацией дитиофоса для стойких видов насекомых считается 0,1—0,15%-ный раствор. Нас привлекло то, что, согласно инструкции, в водных растворах препарат быстро гидролизуеться и теряет токсичность примерно в течение 5 суток. Для прудового хозяйства это свойство препарата очень ценно, так как на обработку больших площадей потребуется небольшое количество яда, а через 5—7 дней пруды можно использовать для рыбоводства без дополнительной промывки. Поэтому опытам с дитиофосом было уделено особое внимание.

Наблюдали за действием дитиофоса на яйца и на взрослых рачков.

При обработке яиц щитня дитиофосом наблюдалось то же положение, что при протравливании яиц селиноном и фосфорорганическими соединениями. Летальные концентрации дитиофоса зависят от времени контакта яиц с ядом.

Продолжительность контакта яиц с ядом в часах	Летальные для яиц концент- рации дитиофоса в %
40	0,01
24	0,2
4	5,0

Концентрации меньше летальных стимулируют выклев. Это, очевидно, связано с особым действием фосфорорганических соединений на оболочки яиц. В отличие от других препаратов эти соединения вызывают осаждение яиц в растворах, причем более полно при более высокой концентрации яда. Оболочки яйца, обычно очень упругие и трудно поддающиеся разрыву, становятся значительно мягче. При длительной обработке или высоких концентрациях дитиофоса целых яиц почти не остается. Осадок представляет собой массу треснувших скорлупок.

Очевидно, этим свойством дитиофоса и объясняется повышенный выклев при кратковременном контакте яиц с ядом. Дитиофос успевает изменить свойства оболочки яйца, но не повреждает зародыша. Стимуляция выклева дитиофосом подтверждается данными ряда опытов. Яйца щитня на протяжении 4 час. выдерживали в растворах дитиофоса различной концентрации. Затем их 2 час. 30 мин. отмывали в проточной воде и помещали на инкубацию в чистую воду. В результате из равного количества первоначально взятых яиц выклюнулось неодинаковое количество щитней.

Концентрация дитиофоса в %	Выклюнулось щитней в шт.
Контроль I	15
II	18
0,01	20
0,1	34
0,2	29
0,4	31
1,0	32
5,0	4

При малой концентрации (0,01%) получается результат, близкий к контролю, при концентрации 0,1—1,0% стимулируется выклев, а в 5%-ном растворе яйца почти полностью погибают даже при непродолжительном соприкосновении с ядом.

Обычно в результате неодновременности выклева после инкубации в чистой воде остается большое количество неразвившихся яиц. После обработки дитиофосом таких яиц практически нет.

После четырехчасовой обработки 5%-ным раствором дитиофоса мы получили следующие результаты (в шт.): выклюнулось 4 щитня, выпало из яиц и погибло 1255 зародышей, осталось целых яиц с очень слабой оболочкой 212, живых яиц с упругой оболочкой не обнаружено.

Получив хорошие результаты при использовании дитиофоса для уничтожения яиц листоногих, мы задались целью проверить ядовитость его для молоди рыб и кормовых организмов. Полученные в двух опытах данные приведены в табл. 7 и 8.

Как видно из приведенных данных, все живые организмы очень чувствительны даже к самым малым дозам дитиофоса. Большинство их переносит раствор дитиофоса концентрацией только 0,000001%, а молодь осетра не выживает и в таком растворе.

Таблица 7

Концентрация дитиофоса в %	Продолжительность жизни в минутах		
	осетровых (1,5-2 г)	сазана (1 г)	щитня
0,2	1	—	—
0,1	2	—	—
0,01	15	5	20
0,001	20	20	270

Таблица 8

Концентрация дитиофоса в %	Продолжительность жизни в минутах			
	осетра (100 мг)	жереха (200 мг)	дафний	лепесте-рин
0,2	1	1	1	1
0,1	2-3	2-3	2-3	2-3
0,01	5	10	5	5
0,001	35	80	18	18
0,0001	Погибли через 90 мин.			
0,00001	3 час. 50 мин.	5 час. 10 мин.	5 час.	8 час.
0,000001	22 час.	Живы до конца опыта		
Контроль	Живы до конца опыта			

В связи с высокой чувствительностью животных к дитиофосу особенно важным оказывается вопрос о скорости его разложения. Некоторые опыты показали, что в водных растворах дитиофос разлагается значительно медленнее, чем указано в инструкции. Даже через 9 суток очень слабые растворы его (0,001%) были еще ядовиты (табл. 9).

Таблица 9

Продолжительность периода в сутках с момента приготовления раствора	Продолжительность жизни осетровых (1,5-2 г) в минутах при концентрации дитиофоса в %			
	0,2	0,1	0,01	0,001
1	1	2	5	35
5	2	—	—	—
6	—	—	15	90
8	5	—	—	—
9	—	15	20	240
12	—	20	—	—

При обработке грунта дитиофос разлагается значительно быстрее. Изучением этого вопроса занимались в сухую жаркую погоду. Участки пруда обрабатывали раствором дитиофоса разной концентрации. Через определенные промежутки времени в кристаллизаторы насыпали тонким слоем грунт и заливали водой (соотношение грунта и воды во всех опытах было одинаковым). Спустя 20-30 мин. в водную вытяж-

ку помещали молодь севрюги весом около 2 г. При обработке грунта дитиофосом концентрацией 0,2% и выше водная вытяжка была ядовита больше недели (табл. 10).

Таблица 10

Продолжительность периода в сутках от обработки грунта дитиофосом до опыта с рыбой	Продолжительность жизни севрюги в минутах при концентрации дитиофоса в период обработки грунта в %			
	0,5	0,2	0,1	0,05
1	—	—	120	—
3	—	120	—	—
4	90	—	Рыба жива до конца опыта	
7	—	150	—	—

Из табл. 9 и 10 видно, что если водный раствор дитиофоса концентрацией 0,1% чрезвычайно ядовит через 12 суток (рыба погибает через 20 мин.), то водная вытяжка из грунта, обработанного тем же раствором, безвредна уже на четвертые сутки. По всей вероятности, более быстрое разложение объясняется не взаимодействием дитиофоса с грунтом, а влиянием на него солнечной энергии.

В лабораторных условиях одни и те же концентрации дитиофоса были летальными как при обработке яиц шитня непосредственно растворами, так и при смачивании их в грунте. Грунт, обработанный 0,1%-ным раствором дитиофоса, на солнце быстро теряет свою токсичность. С участка пруда, смоченного 0,1%-ным раствором дитиофоса, в конце первых суток в кристаллизатор поместили грунт и залили его водой. В другом кристаллизаторе находился грунт, взятый в конце четвертых суток. В оба кристаллизатора одновременно посадили рыбу. В первом случае севрюга погибла через 2 часа, а во втором случае ее через 12 час. выпустили живой.

Мы наблюдали также разложение на свету другого фосфорорганического соединения — пирофоса. Этот факт может иметь большое значение при использовании дитиофоса в рыбоводстве, так как при обработке прудов летом можно применять растворы высокой концентрации без последующей промывки прудов. Степень разложения разных концентраций дитиофоса на свету следует определить экспериментально.

На основании полученных в лаборатории результатов дитиофосом обработали несколько маленьких прудов площадью 0,1—0,25 га.

Два пруда опрыскали 0,25%-ным раствором, внося в каждый из них 5 л/га раствора. Опыты проводили в августе. Через 5 суток после обработки пруды залили. Через несколько дней в опытных прудах появилось такое же большое количество лептестерий, как и в контрольных. Очевидно, слабое смачивание грунта и большой промежуток времени до заливки привели к отрицательному результату.

В конце сентября еще два пруда обработали из лейки 0,3- и 0,4%-ным раствором дитиофоса. В пруд № 22, обработанный 0,4%-ным раствором, внесли 25 л/га дитиофоса, а в пруд № 30, обработанный 0,3%-ным раствором,—19 л/га. Результаты получились совершенно иные, чем в первом опыте.

Пруд № 22 был залит через день после обработки. На четвертый день с момента заливки в контрольных прудах появилось большое количество лептестерий: 514—664 шт. на единицу объема (160 л). В опытном пруду не найдено ни одной лептестерии. Зоопланктон был представлен только коловратками.

Исследование воды из этого пруда в лаборатории показало, что она ядовита для щитней, лептестерий, дафний, хирономид, личинок осетра. Только сазан и жерех через трое суток были выпущены живыми.

Учитывая медленное разложение яда в воде, на пятый день пруд спустили и тут же залили вновь. После второго залития вода оказалась также ядовитой. В лабораторных опытах лептестерии, щитни, дафнии, личинки осетра, помещенные в эту воду, гибли через 8 час. В пруду развивались коловратки и очень небольшое количество лептестерий: 8 шт. вместо 65—112 шт. в контрольных прудах, также спущенных и повторно залитых.

Опытный пруд был вновь спущен и на десятый день после обработки дитиофосом залит в третий раз. Лептестерии в пруду не оказались. Зоопланктон состоял из коловраток и единичных мoin и циклопов. В первые сутки после залития лептестерии, дафнии и личинки осетра были угнетены. На четвертые сутки после последнего залития (спустя 14 дней после обработки пруда) они чувствовали себя нормально. Однако после длительного содержания пруда под водой (34 дня) вода в нем вновь стала ядовитой. В результате внесения удобрений пруд хорошо зацвел, но такой большой вспышки зоопланктона, как в контрольном пруду, не наблюдалось. Личинки осетра весом 150 мг через сутки погибли. Только через 45 дней после третьего залития (55 дней после обработки дитиофосом) пруд окончательно перестал быть ядовитым. К этому времени появилось большое количество зоопланктона. Прирост личинок осетра, посаженных в пруд, за 18 дней был близким к контролю (табл. 11), отход — очень небольшим (9%).

Таблица 11

Номер пруда	Продолжительность пребывания рыбы в пруду в днях	Способ обработки дитиофосом	Концентрация дитиофоса в %	Внесено дитиофоса в л/га	Посажено рыбы в шт.	Выращено рыбы в шт.	Выход в %	Вес в мг при	
								зараблевии	выпуске
22	18	По грунту	0,4	25	4555	4149	91,0	235	333
23	21	Контроль	—	—	3000	2905	96,8	235	380
26	21	По воде	0,000005	0,5	3000	1288	42,9	235	338
30	21	По грунту	0,3	19	5400	4966	92,0	235	458

Примечание. Личинки выклюнулись 8 октября, посажены в пруды 15 ноября. Пруд № 22 спущен 3 декабря, остальные пруды — 6 декабря.

Пруд № 30 был залит также через день после обработки дитиофосом. Лептестерий в нем не было. В контрольном пруду на тот же объем (160 л) насчитывалась 371 лептестерия. Вода в пруду была очень ядовитой. На шестые сутки все животные погибли через 4 часа, поэтому на четырнадцатый день после залития пруд спустили. Учитывая возможность более скорого разложения дитиофоса на воздухе, пруд не заливали 11 дней. При этом следует учесть, что опыт проводили в конце октября, когда солнечная радиация значительно меньше, чем летом, поэтому эффект разложения мог быть меньше.

Повторно пруд залили и удобрили на 26-й день после обработки. Он хорошо зацвел и после внесения зарядки дафний (через 16 дней от второго залития) в воде появилось большое количество зоопланктона. Для личинок осетра пруд первое время был ядовитым. Осетр весом 150 мг, посаженный в пруд на десятые сутки после залития, погиб. На 21-й день после залития (48 дней после обработки) пруд стал пригодным для рыбоводных целей. За 21 день выращивания в нем рыбы отход оказался очень небольшим (8,0%) и темп роста — наилучшим (табл. 11).

На основании полученных данных можно считать, что при обработке ложа прудов целесообразно их хорошо смачивать 0,3—0,4%-ным раствором, а затем на некоторое время оставлять незалитыми для ускорения разложения дитиофоса. Пруды лучше обрабатывать в жаркое время года после весенних рыбоводных работ.

В некоторых случаях удобнее было бы иметь средство, уничтожающее листоногих, но быстро теряющее свои ядовитые свойства с тем, чтобы пруд можно было использовать для выращивания рыбы без дополнительного спуска. В качестве такого препарата мы испытали дитиофос, но в очень малых концентрациях. В пруд № 27 на 0,1 га (1000 м³) внесли 150 см³ дитиофоса (1,5 л/га), что должно дать концентрацию примерно 0,000015%. Через 20 час. в пруду погибли лептестерии, щитни, клопы, плавунцы, личинки плавунцов и стрекоз, мальки судака, лягушки; остались только циклопы и диаптомусы.

Так как вода несколько дней оставалась ядовитой, пруд спустили и залили снова. Через 5 дней после внесения дитиофоса пруд удобрили и зарядили дафниями. Водоросли и зоопланктон развились хорошо. Личинки осетра, посаженные в пруд через 10 дней после его обработки, почти все погибли. Оставшиеся в живых рыбы были выпущены через две недели. Следовательно, при внесении 1,5 л/га дитиофоса пруд следует один раз промыть, но и после этого он пригоден для рыбоводства только через 15—20 дней.

В пруд № 26 внесли еще меньшую дозу дитиофоса — 50 см³ на 0,1 га (1000 м³), что дало концентрацию 0,000005%. Через сутки все лептестерии и дафнии погибли. На третий день пруд спустили и через день залили вновь. При спуске на дне было обнаружено много мертвых лептестерий, личинки же хирономид были живы. Это имеет большое значение, так как после обработки прудов кормовая база может быть быстро восстановлена. В пруд внесли дафний и на девятые сутки после обработки его дитиофосом зарыбили. Выход рыбы был довольно низким — 42,9% (см. табл. 11). Возможно, в первые дни вода была еще ядовита, что привело к повышенному отходу.

Безусловно, результаты этого опыта нельзя считать хорошими, но они близки к тому, что нужно для рыбоводства: уничтожение листоногих рачков в возможно более короткий срок малыми количествами ядохимикатов. Вероятно, хорошие результаты может дать еще меньшее количество дитиофоса или другое, еще быстрее разлагающееся фосфорорганическое соединение.

Пирофос. Испытывали в лабораторных условиях как соединение, обладающее большей токсичностью. Согласно инструкции, водные растворы пирофоса быстро гидролизуются: в первые сутки на 70%. Максимальные концентрации, рекомендуемые в сельском хозяйстве, составляют 0,1—0,2%.

Мы испытывали действие пирофоса на яйца щитня и на различных водных животных. На яйца щитня пирофос действует только в очень больших концентрациях и то не полностью уничтожает их, а лишь снижает процент выклева. В определенных концентрациях он стимулирует выклев. При испытании действия растворов концентрацией от 0,1

до 1% в случае соприкосновения яиц с ядом на протяжении 19 час. наблюдалась только стимуляция выклева.

Концентрация пиродифоса в %	Выклюнулось щитней в шт.
Контроль	57
0,1	64
0,25	105
0,5	114
1,0	97

При выдерживании яиц на протяжении суток в растворе большой концентрации (до 10%) наблюдалось сокращение числа выклюнувшихся рачков, но не полная их гибель.

Концентрация пиродифоса в %	Выклюнулось щитней в шт.
Контроль	49
0,1	70
1,0	60
5,0	21
10,0	17

После обработки 10%-ным раствором появляется очень большое количество деформированных яиц, выпавших из плотной хитинизированной оболочки. Ввиду необходимости применения столь высоких концентраций пиродифоса этот препарат не может быть рекомендован в качестве овицидного средства.

Что же касается действия пиродифоса на водных животных, то оно оказывается чрезвычайно сильным, но несколько отличным для разных групп.

Рыба, листоногие и другие рачки в свежих растворах пиродифоса гибнут при концентрациях 10^{-8} — 10^{-9} %, хириноиды погибают при меньших концентрациях — 10^{-6} — 10^{-7} %. Олигохеты оказываются очень стойкими по отношению к пиродифосу. Полностью гибнут они только в растворах концентрацией 10^{-1} — 10^{-2} %. При концентрации 10^{-5} — 10^{-6} % они несколько угнетены, но не погибают на протяжении многих дней.

Наблюдениями за скоростью разложения пиродифоса обнаружено, что растворы слабой концентрации быстро теряют свою токсичность. Раствор концентрацией 10^{-8} % на протяжении первых суток ядовит: рыба погибает в нем через 23—27 час. Через 1—1,5 суток этот раствор становится безвредным. Растворы концентрацией 10^{-6} % пригодны для жизни через 5—7 суток. Более концентрированные водные растворы пиродифоса (10^{-1} %) разлагаются крайне медленно. При испытании такого раствора на протяжении 28 дней продолжительность жизни рыб в них увеличилась только с 1—2 до 23 мин. (табл. 12).

Эти опыты свидетельствуют о том, что среди фосфорорганических соединений можно найти такие препараты, которые в определенных концентрациях будут токсичны для листоногих, но через очень короткий промежуток времени гидролизуются. Пруды станут пригодными для рыбоводных целей без дополнительного спуска и промывки.

К сожалению, в прудовых условиях мы не могли испытать этот препарат, так как не учли, что при длительном стоянии на свету он, очевидно, тоже разлагается. Свежий препарат пиродифоса, приготовленный в Химическом институте им. акад. А. Е. Арбузова, действовал на

Таблица 12

Концентрация пиррофоса в %	Продолжительность жизни рыб в минутах при хранении раствора в сутках									
	1	4	5	7	10	13	15	19	24	28
10 ⁻¹	1—2	1—2	1	—	2	4	9	13	16	23
10 ⁻⁶	17	30	40	Живы до конца опыта						
10 ⁻⁷	83	330	Живы до конца опыта							
10 ⁻⁸	23 час.	Живы до конца опыта								

рыбу и щитня в концентрации 10⁻⁸%, а на щитня даже в 10⁻⁹%. Через три месяца летальной была концентрация 10⁻⁷, а через год — 10⁻⁵. Внесение технического пиррофоса, простоявшего немного больше года, в пруд площадью 2 га из расчета 10⁻⁶% не дало эффекта. В лабораторных опытах с этим препаратом полная гибель щитня наблюдалась при концентрации 10⁻⁵% и частично при 10⁻⁶%. Большее количество пиррофоса мы не могли внести. Этот пример приведен лишь для того, чтобы показать, что старые, долго стоявшие препараты могут дать совершенно иной эффект, чем свежеприготовленные.

Если фосфорорганические соединения будут действовать даже при концентрации 10⁻⁵—10⁻⁶%, то в пересчете на гектар при средней глубине пруда 1 м потребуется вносить очень небольшое количество препарата — 0,1—1,0 л/га.

Тиофос. В малых концентрациях (0,015—0,020%) этот препарат убивает вредителей сельского хозяйства, очень стойких к другим ядохимикатам. Тиофос довольно быстро разлагается. Раствор его концентрацией 0,013%, примененный О. Н. Русиной при работе с водорослевыми культурами, разлагался через две недели. По аналогии с пиррофосом, можно предположить, что меньшие концентрации будут разлагаться быстрее. При обработке тиофосом ложа прудов можно ждать очень скорого его разложения, так как фотохимическое разложение — основная причина потери токсичности. В крайнем случае, для нейтрализации оставшегося яда можно пользоваться известью, а может быть и хлорной известью, что должно привести к нейтрализации яда за несколько часов. Конечный продукт распада тиофоса — фосфорная кислота.

Мы имели возможность провести с тиофосом лишь очень небольшое количество лабораторных опытов. Они могут осветить только вопрос о токсичности водных растворов тиофоса для листоногих и рыб.

Выдерживание яиц щитня в растворах тиофоса разной концентрации показало, что овицидными свойствами этот препарат может обладать только при длительном контакте яиц

с ядом. При смачивании яиц на протяжении 24 час. ядовитыми оказываются растворы концентрацией 0,1—0,2%. При трехчасовом смачивании такие же результаты дает только 5%-ный раствор (табл. 13).

На животные организмы тиофос действует слабее, чем другие фосфорорганические соединения: пиррофос и дитиофос.

Опыты, проведенные с личинками осетра весом около 70 мг, даф-

Таблица 13

Концентрация тиофоса в %	Количество выключившихся щитней при контакте яиц с ядом	
	3 час.	24 час.
0,1	105	9
0,2	83	4
0,5	81	0
1,0	52	0
5,0	8	0

ниями и щитнем, показали, что осетры погибают только в более сильных растворах: 10^{-1} — 10^{-4} %. При концентрации 10^{-4} — 10^{-7} % личинки осетра жили 5 суток без признаков угнетения. Дафнии и щитни погибают в более слабом растворе — 10^{-5} %. В растворе с концентрацией тиофоса 10^{-6} % молодь щитня угнетена.

На этом несколько различном отношении к тиофосу рыб и рачков и могла бы быть основана борьба с листоногими.

Что касается скорости разложения тиофоса в водных растворах, то у нас получились менее обнадеживающие данные, чем у О. Н. Русиной.

Раствор тиофоса концентрацией 10^{-3} % на протяжении 12 дней не терял токсичности: если в первый день после его приготовления личинки осетра жили 45 мин., то на двенадцатый день они жили 2 час. 10 мин. Однако по мере разбавления этого раствора жизнеспособность молоди возрастает значительно быстрее, чем при применении других фосфорорганических соединений. Например, при концентрации 0,001% осетры живут 45 мин., 0,0005%—3 часа 15 мин., а 0,0001%—многие сутки.

Разница в скорости разложения тиофоса, по нашим данным и данным О. Н. Русиной, вероятно, может быть объяснена тем, что в наших опытах тестом были животные, а не фитопланктон и бактерии. Кроме того, мы проводили опыты в лаборатории, а О. Н. Русина — в бассейнах под открытым небом, а фотохимическое разложение — основная причина потери токсичности.

ВЫВОДЫ

1. Из испытанных препаратов к овицидным можно отнести селинон и дитиофос, однако первый разлагается значительно дольше. Борьба с рачками можно очень малыми дозами дитиофоса, пирофоса, тиофоса.

2. При разработке химических мер борьбы, на наш взгляд, особый интерес представляют фосфорорганические соединения, так как по сравнению с другими ядохимикатами они более токсичны и большинство из них быстро разлагается. Это свойство их особенно ценно при обработке прудовых площадей в наших южных районах в жаркое время, после окончания весенне-летних рыбоводных работ.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Богатова И. Б., Роль *Apus cancriformis* Schäffer. как вредителя в осетроводных хозяйствах, «Вопросы ихтиологии», вып. 12, 1959.
2. Липин А. Н., Пресные воды и их жизнь, Учпедгиз, 1950.
3. Попов П. В., Справочник по ядохимикатам, Госхимиздат, 1956.
4. Чувакин В., К биологии *Apus cancriformis* Schäff., Записки биологической станции в Болшеве, вып. 3, изд. МГУ, 1929.

**МЕТОДИКА МАССОВОГО МЕЧЕНИЯ МОЛОДИ ОСЕТРА Ca^{45}
ЧЕРЕЗ ВОДУ****М. П. БОГОЯВЛЕНСКАЯ**

В течение ряда лет (1955—1958 гг.) на Куринском производственно-экспериментальном осетровом рыбноводном заводе проводили массовое мечение молоди осетра радиоактивным фосфором (P^{32}).

Эти работы позволили проследить за жизнью молоди, выпущенной с завода, в условиях Куры и предустьевоего пространства. Помимо этого, наметилась возможность снизить стандартную навеску выпускаемой с завода молоди с 2 до 1—1,5 г.

Однако радиоактивный фосфор, введенный в организм рыбы, задерживается в теле лишь 2,5—3 месяца [4]. В связи с этим остаются открытыми вопросы поведения и выживания рыб в течение более длительного времени.

Целью настоящей работы явилась разработка методики массового мечения молоди осетра «долго живущим» радиоактивным кальцием с периодом полураспада 152—180 дней. Использование этой метки даст возможность следить за меченой молодью в течение продолжительного времени (1—1,5 года) и подойти к решению вопроса о выживании молоди различных размеров не только в Куре и предустьевом пространстве, но и в море. Длительный период полураспада радиоактивного кальция и локализация его преимущественно в костях, т. е. в сравнительно «инертной» ткани, обладающей довольно медленным обменом веществ, делают этот изотоп очень удобным для мечения различных животных на 1—1,5 года.

Мечение можно проводить по-разному: через корм, через воду и путем инъекции. Для производственных целей при мечении большого количества молоди наиболее приемлемо мечение через корм и воду. Мы остановились на мечении молоди осетра радиоактивным кальцием через воду. Это объясняется тем, что радиоактивность рыб при мечении Ca^{45} через корм оказалась значительно меньше радиоактивности рыб, меченных через воду [2].

Низкий процент усвоения Ca^{45} из корма (хируномиды) связан с незначительным содержанием кальция в теле этих кормовых организмов.

По данным G. Joshii, N. Watabe, J. Okada [5], при кормлении рыб водорослью (*Spirogyra*), меченой P^{32} , S^{35} , Ca^{45} , Sr^{89} , ионы P^{32} и S^{35} усваиваются в большем количестве, чем ионы Ca^{45} и Sr^{89} . Авторы объясняют это тем, что P^{32} и S^{35} входят в состав высокомолекулярных соединений, которые легче усваиваются в пищеварительном тракте, чем Ca^{45} и Sr^{89} , находящиеся в ионизированном состоянии.

При мечении рыб через воду теми же радиоактивными изотопами наблюдалось обратное явление: в тело рыбы ионы Ca^{45} и Sr^{89} проникают в большем количестве, чем ионы S^{35} и P^{32} .

Учитывая наши и литературные данные по мечению молоди осетра через воду и корм, мы пришли к выводу о целесообразности мечения рыбы радиоактивным кальцием (Ca^{45}) через воду. Однако при этом необходимо учитывать роль стабильного кальция, который содержится в природной воде и вносится в нее вместе с радиоактивным изотопом. Как показали опыты, при повышенном содержании в воде стабильного кальция уровень проникновения в тело рыбы радиоактивного изотопа снижается.

Содержание стабильного кальция в воде в мг/л	Поверхностная радиоактивность (средняя по двум рыбам) в имп/мин. на 100 мг (концентрация $\text{Ca}^{45}=38,7 \mu \text{Ci}/\text{л}$)
50	1154
70	718
170	387

Как видно из приведенных данных, наибольшая радиоактивность характерна для рыб, помеченных в воде с содержанием стабильного кальция 50 мг/л, а наименьшая — 170 мг/л.

Большое значение при мечении имеет выбор дозировки Ca^{45} . Как показали опыты, использование для мечения молоди осетра высоких концентраций радиоактивного кальция нерационально. Так, при концентрации Ca^{45} в воде 1000 $\mu \text{Ci}/\text{л}$ и содержании стабильного кальция 200 мг/л получается примерно такой же результат, как при концентрации радиоактивного кальция 353 $\mu \text{Ci}/\text{л}$ и содержании стабильного кальция 72 мг/л.

Кроме того, при высоких дозировках радиоактивный кальций выводится из организма рыбы [1]. На этом основании мы пришли к выводу о целесообразности использования для длительного мечения молоди осетра концентрации Ca^{45} порядка 250—300 $\mu \text{Ci}/\text{л}$ при средней жесткости воды.

В случае мечения молоди рыб через воду наблюдается прямая зависимость между сроком пребывания рыб в радиоактивной среде и величиной их радиоактивности (табл. 1). Аналогичное явление отмечено В. И. Жадиным при использовании радиоактивного фосфора [3].

Таблица 1

Продолжительность выдерживания рыбы в растворе в часах	Поверхностная радиоактивность в имп/мин. (средняя по трем рыбам)				
	в день мечения	через 2 дня	через 7 дней	через 12 дней	через месяц
1	496	879	945	413	127
2	1123	1776	1347	630	254
3	1721	—	1786	1026	—
24	19142	—	—	—	—

Из табл. 1 видно, что наибольшая поверхностная радиоактивность наблюдалась при выдерживании рыбы в растворе Ca^{45} в течение суток, но для массового мечения такое длительное выдерживание рыб неприемлемо.

Большое значение при мечении молоди осетра Ca^{45} через воду имеет содержание стабильного фосфора в воде. Предварительные опыты показали, что при внесении в воду (наряду с радиоактивным кальци-

ем) стабильного фосфора в количестве 10 мг/л радиоактивная кальциевая метка у молоди осетра становится более высокой и прочной (табл. 2). Это можно объяснить тем, что кальций откладывается в костях в виде фосфорно-кальциевых соединений и апатитов. При этом степень закрепления кальция в костях зависит, по-видимому, от наличия фосфора. Недостаток фосфора может сказаться на отложении кальция. Повышая содержание в воде стабильного фосфора, мы тем самым способствуем более прочному закреплению Ca^{45} в костях.

Таблица 2

Продолжительность периода со дня мечения	Радиоактивность рыб в имп/мин. при добавлении в воду стабильного фосфора в мг/л			
	0,05	0,5	10	0
В день мечения	144	123	145	139
1 месяц	31	40	70	22
5 месяцев	6	—	17	8*

* Через 4 месяца.

При мечении через воду рыбу приходится выдерживать в растворе радиоактивных изотопов без протока, что обуславливается вредностью слива радиоактивных изотопов и необходимостью более экономного расходования их в процессе мечения.

Первый опыт массового мечения молоди осетровых Ca^{45} на Куринском осетровом заводе проведен в 1958 г. В бассейн ВНИРО (конструкция А. В. Гофмана) диаметром 1 м, объемом 120 л, заполненный радиоактивным раствором, помещали одновременно 6 тыс. шт. молоди осетра средним весом 200 мг. Для удобства отлова меченой молоди в бассейне имеется четыре сетчатых сектора, которые по окончании мечения поочередно вынимают из радиоактивного раствора и вместе с рыбой переносят в смежный бассейн с проточной водой. Через один и тот же раствор было пропущено 55150 шт. молоди. Исходная радиоактивность воды во время мечения составляла 250 $\mu\text{Ci}/\text{л}$, температура воды 22°.

Для получения более прочной метки рыбу желательно выдерживать в радиоактивном растворе не менее 2 час. Это связано со скоростью проникновения Ca^{45} и с большей полнотой усвоения его из крови органами и тканями. При 2-часовом выдерживании рыбы усвоение Ca^{45} , его перераспределение по органам и тканям идет в среде с определенным содержанием как радиоактивного, так и стабильного кальция. При сокращенных сроках выдерживания рыб процессы усвоения и перераспределения Ca^{45} идут в среде с меньшей кальциевой жесткостью, отсюда при довольно высоких первоначальных показателях кальция может наблюдаться слабое его закрепление в организме или вымывание из крови.

Однако весной 1958 г. во время массового мечения ввиду отсутствия проточности воды в бассейне и отсутствия компенсации кислорода за счет диффузии (при повторном использовании одной и той же воды) даже при часовом выдерживании рыб наблюдался недостаток кислорода, накопление продуктов обмена и гибель молоди, которая перед этим покрывается обильно выделяющейся густой слизью.

В связи с таким положением процесс мечения рыбы весной 1958 г. был сокращен до 20 мин., что привело к получению слабой и нестойкой

метки. Через месяц после мечения, перед выпуском в Куру, было просмотрено 100 шт. молоди, и средняя радиоактивность одного малька составила 11 имп/мин.

Малую активность полученной метки можно объяснить не только сокращенным сроком выдерживания, но и пониженным обменом веществ и малым усвоением Ca^{45} рыбами при недостатке кислорода и возможностью адсорбции радиоактивного кальция слизью, выделяемой осетрами при отсутствии проточности воды.

Опыт массового мечения молоди осетра весной 1958 г. показал, что для выдерживания рыбы в одном и том же радиоактивном растворе в

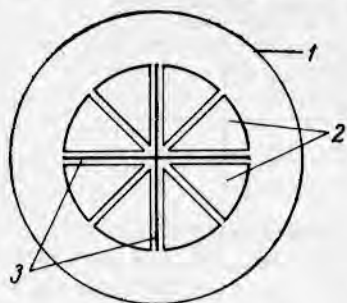


Схема расположения секторов в бассейне:

1—стенки бассейна; 2—секторы;
3—флейты аэрационного прибора.

первую очередь необходима аэрация воды. Для этой цели механик ВНИРО П. С. Арефьев предложил специальную аэрационную установку. Электродвигатель мощностью 50 вт засасывает воду снизу в трубу, а затем разбрызгивает ее через отверстия флейт. В бассейне повышается содержание кислорода, создаются токи воды, предотвращающие образование или способствующие уничтожению уже образовавшейся слизи у рыб. Применение аэрационной установки позволило выдерживать рыбу в радиоактивном растворе в течение часа. Плотность посадки при этом была такая же, как и в первом случае, т. е. 50 шт/л.

Всего было помечено около 70 тыс. шт. молоди осетра.

Однако для получения более прочной метки, т. е. для выдерживания рыбы в радиоактивном растворе не менее 2 час., необходима непрерывная работа аэрационной установки. В связи с этим на последующих этапах работы электродвигатель пришлось заменить более мощным (тип МО-50, 50 вт, 220 в, 1400 об/мин.).

Он был использован весной 1960 г. при массовом мечении молоди осетра. Мечение проходило в круглом бассейне ВНИРО диаметром 1,5 м, с количеством раствора 240 л при радиоактивности его 300 $\mu\text{Ci/l}$.

Всего было помечено около 70 тыс. шт. молоди (три партии — 13700; 22708 и 33603 шт.) Две партии молоди поместили в одном и том же растворе, а третью—в новом растворе. Молодь содержали в бассейне в течение 2 час. при температуре 20°. В процессе мечения отхода молоди не было.

Сетчатые секторы, в которые помещают молодь, следует делать из оцинкованной сетки и покрывать ее асфальтовым лаком. Переходы между стенками должны быть округлыми, т. е. секторы лучше делать из целого листа сетки. Если этого не предусмотреть, то в щели между стенками будет забиваться молодь, а извлечь ее оттуда при выпуске в бассейн невозможно. Для более эффективного использования площади бассейна сетчатые секторы лучше размещать так, как показано на рисунке. В этом случае в бассейн можно поместить 8 секторов вместо 6 и увеличить нагрузку бассейна во время мечения.

По окончании мечения секторы с молодь помещают в специальный таз, сделанный по размеру сектора из листового железа, и, чтобы избежать стекания радиоактивного раствора, переносят в тазу в бассейн с проточной водой, в котором она отмывается от внешнего загрязнения Ca^{45} . Спустя некоторое время молодь отлавливают сачками и переносят в другие бассейны для дальнейшего выдерживания перед пересадкой в пруды. Можно отмывать молодь в бассейне, не выпуская ее из секторов, а затем, помещая секторы в тазы из листового железа,

переносить в бассейны, где она будет находиться до пересадки в пруды. Мы испробовали этот метод при массовом мечении молоди. Он очень удобен своей быстротой, так как не приходится тратить время на отлов рыбы из промывного бассейна. Отхода молоди при этом практически не было. Однако применение этого метода может повлечь за собой некоторое загрязнение других бассейнов. Кроме того, потребуются дополнительный инвентарь (секторы, тазы), чтобы не приостанавливать процесс мечения.

При переносе секторов из бассейна с радиоактивным раствором в бассейн с проточной водой некоторое количество радиоактивного раствора может попасть на края бассейнов. Чтобы предотвратить такое загрязнение, борта бассейна следует закрывать на время мечения клеенкой или хлорвинилом.

ВЫВОДЫ

1. Массовое мечение молоди осетра Ca^{45} следует проводить в непроточных условиях при посадке ее (средним весом 200 мг) от 60 до 100 шт. на 1 л.

2. Чтобы избежать дефицита кислорода и накопления углекислоты, необходимо аэрировать воду.

3. Рыбу следует выдерживать в радиоактивном растворе не менее 2 час.

4. Для мечения целесообразно использовать раствор Ca^{45} концентрацией около 300 $\mu\text{Ci/l}$.

5. Для того чтобы получить более интенсивную и прочную метку при мечении Ca^{45} через воду, следует повышать концентрацию стабильного фосфора, внося его дополнительно в воду до 10 мг/л.

6. Для «освобождения» воды от радиоактивного кальция целесообразно использованный раствор Ca^{45} перед сбросом в реку пропускать через катионит (КАУ-1)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Богоявленская М. П., Карзинкин Г. С., Некоторые данные по изучению кальциевого обмена при помощи радиоактивного изотопа Ca^{45} . Труды совещания по физиологии рыб 1956 г., АН СССР, 1958.
2. Богоявленская М. П., Изучение кальциевого обмена в целях использования Ca^{45} в качестве метки рыб, изд. журнала «Рыбное хозяйство», 1959.
3. Жадин В. И., Итоги Северо-Кавказской гидробиологической экспедиции и вопросы удобрения рыбоводных прудов, Труды ЗИНа АН СССР, т. XXVI, 1959.
4. Карзинкин Г. С., Солдатова Е. В., Шеханова И. А., Некоторые результаты массового мечения радиоактивным фосфором «нестандартной» молоди осетра, Сб. «Миграции животных», вып. 1, АН СССР, 1959.
5. Joshi G., Watabe N., Okada J., Studies on the Uptake of P^{32} , S^{35} , Ca^{45} and Sr^{90} in the Tissues of Fish, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, v. 22, № 4, 1956.

**ВЫРАЩИВАНИЕ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА НА РАЗЛИЧНЫХ
КОРМОВЫХ РАЦИОНАХ**

А. П. ИВАНОВ

Как уже сообщалось [1, 2], исследования с целью выяснения возможности повышения эффективности кормления молоди карпа искусственными кормами мы проводили на рыбноводном хозяйстве совхоза «Знамя Октября» Московского свиноводческого треста. Сеголетков выращивали в прудах № 6, 7-а, 7-б, 8 и 9 питомной части хозяйства, которые по морфологическим показателям, термическому, гидрохимическому режиму и состоянию кормовой базы были очень сходными.

Пруды зарыбляли 11-дневной молодью карпа, полученной от одного гнезда производителей. По весу и длине мальки были одинаковыми. Норма посадки в пруду № 9 была нормальной (из расчета 13330 мальков на 1 га), в остальных прудах ее увеличили в 5,5 раза.

В пруду № 9 карпы питались исключительно естественной пищей, в остальных рыбу кормили искусственно приготовленными кормами. Так, в прудах № 7-а и 7-б рыба получала хлопчатниковый жмых—неполноценный по аминокислотному составу корм. В протееине хлопчатникового жмыха недостаточно изолейцина, метионина, треонина, аланина и серина.

В прудах № 6 и 8 карпов содержали на кормовой смеси, в состав которой входило 50% хлопчатникового жмыха, 40% подсолнечникового жмыха и 10% солодовых ростков. Эта кормовая смесь включала в достаточном количестве набор всех аминокислот, которые обнаружены у сеголетков карпа, выращенных на естественной пище. Кроме того, в прудах № 6 и 7-б к искусственно приготовленным кормам добавляли отходы пенициллинового производства (3% от веса кормовой дачи).

По содержанию влаги, протеина, жира, клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ и золы кормовые рационы были идентичными.

В настоящей статье мы рассмотрим результаты наших опытов по изучению азотистого обмена у сеголетков карпа, а также приведем некоторые данные по использованию сухого вещества корма на рост.

Изучение азотистого обмена у различных видов рыб, выращиваемых в искусственных условиях, позволяет выяснить причины специфических особенностей их питания и роста.

Используя метод балансовых опытов по азотистому обмену, мы определили количество потребленного с пищей и усвоенного азота (см. таблицу).

Из приведенных в таблице данных видно, что рыба в прудах № 8 и 7-а потребила с пищей за период выращивания относительно одинаковое количество азота. Однако процент его использования на рост у сеголетков, выращенных на кормовой смеси (пруд № 8), был выше, чем у сеголетков, потреблявших хлопчатниковый жмых (пруд № 7-а).

Номер пруда	Средний вес рыбы в г	Потреблено азота с пищей в мг	Выделено азота в мг		Отложено азота в теле рыбы	
			с экскрементами	с конечными продуктами белкового обмена	в мг	в % от потребленного
6	38,5	3490	306	2441	743	21,3
7-а	22,0	2548	268	1881	399	15,6
7-б	26,1	2644	242	1911	491	18,6
8	28,1	2666	240	1896	530	19,9
9	25,6	2762	202	2049	511	18,5

В результате этого у рыбы в пруду № 8 отложилось в теле азота значительно больше, чем у рыбы из пруда № 7-а.

В контрольном пруду (№ 9) по абсолютной и относительной величине использования азота пищи рыба занимала промежуточное место между двумя указанными выше группами рыб (из прудов № 8 и 7-а).

Следовательно, лучшие показатели по потреблению азота пищи и степени его использования на рост характерны для рыб, выращенных при уплотненной (5,5-кратной) посадке и кормлении сбалансированной по аминокислотному составу кормовой смесью. При кормлении сеголетков только хлопчатниковым жмыхом не получены даже показатели, достигнутые в контрольном пруду.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют также о том, что добавление отходов пенициллинового производства к кормовой смеси (пруд № 6) и хлопчатниковому жмыху (пруд № 7-б) способствует повышению усвояемости азота кормов и снижению его потребления на единицу весового прироста.

Таким образом, используя при выращивании сеголетков • карпа полноценные по аминокислотному составу корма и отходы пенициллинового производства, можно значительно повысить усвояемость азота кормов и тем самым ускорить весовой рост рыбы при одновременном сокращении потребления азота пищи на единицу весового прироста.

Рассмотрим, как используется сухое вещество корма на формирование сухого вещества тела рыбы.

Наши исследования показали, что на продуцирование весовой единицы сухого вещества тела рыбы ей необходимо потребить следующее количество весовых единиц сухого вещества корма:

естественная пища	5,59
хлопчатниковый жмых	
без добавления отходов пенициллинового производства	10,37
с добавлением отходов пенициллинового производства	7,85
кормовая смесь:	
без добавления отходов пенициллинового производства	7,17
с добавлением отходов пенициллинового производства	6,47

Из этих данных видно, что рыбе на единицу прироста сухого вещества тела приходилось потреблять сухого вещества полноценной по

аминокислотному составу кормовой смеси на 44,6% меньше, чем сухого вещества неполноценного хлопчатникового жмыха.

Добавление отходов пенициллинового производства в различные по аминокислотному составу кормовые рационы дало неодинаковый эффект при использовании молодью карпа сухого вещества искусственных кормов. Так, при добавлении антибиотика к кормовой смеси и хлопчатниковому жмыху сухое вещество этих кормов на единицу прироста сухого вещества тела рыбы использовалось соответственно на 10,8 и 32,1% меньше, чем при потреблении тех же кормов, но без добавления отходов пенициллинового производства.

Следовательно, отходы пенициллинового производства, добавленные к неполноценному по аминокислотному составу искусственному корму (хлопчатниковый жмых), способствовали лучшему использованию рыбой его сухого вещества, чем при добавлении антибиотика к кормовой смеси при сравнении их с соответствующими контрольными.

Если количество сухого вещества кормов в опытных прудах, прошедшее на формирование сухого вещества тела рыбы, выразить в процентах, т. е. установить полезную отдачу, то можно видеть, что ни один из использованных в опыте рационов не может сравниться по величине полезной отдачи с естественной пищей. Так, полезная отдача сухого вещества естественной пищи при нормальной посадке была равна 17,89%, тогда как при потреблении хлопчатникового жмыха она составила всего 9,64%, а с добавлением к нему отходов пенициллинового производства—12,74%.

Полезная отдача сухого вещества кормовой смеси, сбалансированной по аминокислотному составу, составила 13,94%, а при добавлении отходов пенициллинового производства—15,4%, т. е. была ниже отдачи естественной пищи всего на 2,49%, в то время как разница в полезной отдаче сухого вещества естественной пищи и хлопчатникового жмыха составляла 8,25%.

При этом следует учесть, что для естественной пищи полезная отдача сухого вещества фактически равна рабочей¹.

При даче же искусственных кормов часть их разбрасывается рыбой и теряется, часть размывается и выщелачивается водой. Поэтому рабочая отдача сухого вещества этих кормов будет значительно ниже полезной.

Рабочая отдача сухого вещества хлопчатникового жмыха составляла всего 5,44%, т. е. была в 3,3 раза ниже отдачи сухого вещества естественной пищи. Добавление к хлопчатниковому жмыху отходов пенициллинового производства увеличило рабочую отдачу в 1,4 раза—до 7,61%.

Рабочая отдача сухого вещества кормовой смеси была в 1,8 раза выше отдачи хлопчатникового жмыха и составляла 9,97%. При добавлении к этой смеси отходов пенициллинового производства рабочая отдача увеличилась до 11,26%.

ВЫВОДЫ

1. Скармливание сеголеткам карпа полноценной по аминокислотному составу кормовой смеси дает значительно больший эффект, чем кормление их хлопчатниковым жмыхом, в протееине которого содержится недостаточное количество ряда аминокислот.

¹ Под рабочей отдачей сухого вещества корма понимается отношение прироста сухого вещества в теле рыбы к количеству внесенного в пруд сухого вещества корма, выраженное в процентах.

2. Выращивание сеголетков карпа на кормовых рационах с добавлением отходов пенициллинового производства способствовало значительной экономии кормов. При этом добавление отходов пенициллинового производства к хлопчатниковому жмыху давало относительно большую экономию, чем при добавлении их в полноценную по аминокислотному составу кормовую смесь.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А. П., Влияние аминокислотного состава кормов и отходов пенициллинового производства на молодь карпа, «Рыбоводство и рыболовство», 1958, № 6.
2. Иванов А. П., Опыт повышения эффективности искусственных кормов при кормлении молоди карпа, Информационный сборник ВНИРО, № 5, изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1959.

ЗАВИСИМОСТЬ СРОКОВ НЕРЕСТА САЛАКИ ОТ ЕЕ ПЛОДОВИТОСТИ

М. Н. КРИВОБОК

Известно, что созревание половых продуктов салаки тесно связано с жировым обменом. Это выражается в том, что развитие гонад до IV стадии сопровождается интенсивным накоплением жира, который затем расходуется на процессы, связанные с овуляцией и нерестом. Расход жира и его предшествующее накопление связано также с величиной плодовитости [1]. Так как последняя подвержена значительным колебаниям [1, 6], становятся понятными и причины индивидуальных изменений содержания жира в теле салаки при одних и тех же стадиях зрелости половых продуктов.

При одной и той же длине рыбы увеличение плодовитости должно сказываться на продолжительности периода развития гонад и сроках накопления в ее теле жира. Исходя из этого, можно предположить, что растянутость нереста весенненерестующей салаки, который продолжается около двух месяцев, может быть объяснена неодинаковой плодовитостью.

В литературе по этому вопросу мы ничего не нашли, кроме указания П. А. Дрягина [2] на то, что у ильменского леща коэффициент зрелости гонад, находящихся в IV стадии, последовательно увеличивается от начала к концу нерестового хода.

Для окончательного решения вопроса весной 1960 г. (с 14 мая по 25 июня) мы провели специальные исследования на западном берегу Рижского залива на рыбозаводе «Роя». Так как необходимо было изучить процесс очень тщательно, мы сосредоточили свое внимание только на одной группе рыб длиной 17,0 см (с допустимым отклонением $\pm 0,2$ см). Материал собирали из уловов ставных неводов и малых рыболовных тральщиков, которые промыслили в прилегающих участках моря.

Всего было исследовано 140 рыб, из которых большинство находилось в IV или близкой к ней стадии зрелости.

У исследуемых рыб определяли длину и вес тела, пол, состояние зрелости гонад и их вес, вес печени и степень наполнения кишечника. Для определения возраста собирали чешую, а для определения плодовитости брали навеску икры, которую фиксировали 2%-ным формалином. От каждой рыбы брали также пробы для биохимической характеристики.

В настоящей статье мы ограничиваемся изложением данных по плодовитости и возрасту салаки.

Вес салаки длиной 17 см последовательно увеличивается от 42,0 г в начале до 51,5 г в конце нерестового хода. Вес тушки при этом практически не изменяется, поэтому такое увеличение следует объяснить увеличением веса гонад от 4,2 в начале до 14,8 г в конце хода рыбы.

По отношению к весу тела вес гонад изменяется от 10,0 до 28,6%, а по отношению к весу тушки—от 11,7 до 40,8%. Вес печени последовательно уменьшается от 950 до 430 мг. Поскольку печень, помимо прочих функций, является местом накопления жира и гликогена, то уменьшение ее веса свидетельствует о ее истощении к концу нерестового хода (табл. 1).

Таблица 1

Сроки наблюдения	Средний вес в г			Вес гонад в %		Вес печени в г
	рыбы	тушки	гонад	от веса тела	от веса тушки	
10—20/V	42,0	35,8	4,2	10,0	11,7	0,95
21—31/V	43,0	35,9	6,4	14,9	17,8	0,80
1—10/VI	46,7	35,0	10,9	23,3	31,1	0,72
11—20/VI	48,6	34,9	13,0	26,7	37,2	0,58
21—30/VI	51,5	36,2	14,8	28,6	40,8	0,43

При длине тела 17,0 см плодовитость салаки колебалась от 5,5 до 46,2 тыс. икринок, составляя в среднем 23,3 тыс. икринок.

Плодовитость в тыс. икринок 5 10 15 20 25 30 35 40 45
 Встречаемость в % 7,7 13,9 13,0 14,8 27,1 17,4 4,3 0,9 0,9

У салаки из открытых частей залива половые продукты были развиты слабее, чем у салаки, выловленной ставными неводами. Об этом можно судить по весу икринок. В первом случае вес 1000 икринок колебался от 295 до 345 мг, а во втором случае—от 416 до 445 мг (табл. 2).

Таблица 2

Сроки наблюдений	Плодовитость салаки в тыс. шт.		Вес 1000 икринок в мг салаки		Средняя плодовитость в тыс. шт.	Количество определенных
	из ставных неводов	из траловых уловов	из ставных неводов	из траловых уловов		
11—20/V	—	15,3	—	311	15,3	8
21—31/V	14,8	19,2	416	354	17,4	27
1—10/VI	26,5	18,4	417	295	23,5	43
11—20/VI	30,5	27,2	445	342	29,6	23
21—30/VI	35,4	—	427	—	35,4	8

Плодовитость салаки из уловов ставных неводов и тралов в течение нерестового хода изменялась одинаково, в одних и тех же пределах (табл. 2).

Между тем, учитывая, что при пониженной плодовитости гонады созревают быстрее, чем при повышенной, можно было ожидать, что в течение всего нерестового периода плодовитость салаки из ставных неводов будет ниже, чем в открытых частях залива. Однако таких различий не обнаружено. Это можно, по-видимому, объяснить тем, что косяки салаки, идущие из моря в Рижский залив, в пределах однородных групп характеризуются одинаковой плодовитостью при различном состоянии зрелости половых продуктов. Таким образом, степень готовности этих рыб к нересту будет различной.

Этим моментом определяется поведение рыбы после ее захода в Рижский залив. Особи, готовые к нересту, сразу же подходят к берегу, а салака, у которой половые продукты еще не созрели, не задерживаясь на одном месте, будет перемещаться по заливу по установленной М. Н. Лишевым [3] схеме: сначала вдоль западного, а затем вдоль юго-восточного побережья. Место ее подхода к берегу на нерест будет определяться тем, где салака находится в момент созревания гонад.

Последовательность изменения плодовитости салаки в процессе нерестового хода, обнаруженная нами в районе рыбозавода «Роя», будет распространяться и на другие участки Рижского залива, за исключением, по-видимому, мест соприкосновения морской салаки с салакой местного происхождения.

Исследуемая группа салаки состояла из четырех возрастных категорий. Основную массу—от 64,0 до 88,8%—составляли пятилетки, четырехлетков в среднем было 10,8%, и в большем количестве они встречались в начале хода, а к его концу полностью исчезали. Шестилеток насчитывалось 14,5%, а семилеток—1,0%, причем в основном во второй половине периода (табл. 3).

Таблица 3

Сроки наблюдений	Соотношение возрастных групп в %				Средний возраст рыбы в пробе
	четырёхлетки	пятилетки	шестилетки	семилетки	
10—20/V	11,2	88,8	—	—	4,9
21—31/V	16,0	76,0	8,0	—	4,9
1—10/VI	16,0	64,0	20,0	—	5,0
11—20/VI	—	66,0	30,0	4,0	5,4
В среднем за весь период	10,8	73,7	14,5	1,0	5,0

В связи с изменением соотношения возрастных групп средний возраст рыб в пробе изменяется от 4,9 года в начале до 5,4 года в конце наблюдения.

Рыбы разных возрастных групп существенно различаются по плодовитости. При одной и той же длине тела средняя плодовитость четырехлеток составляет 12,2 тыс., пятилеток—22,5 тыс., шестилеток—28,1 тыс. и семилеток—34,4 тыс. икринок.

В пределах каждой возрастной группы и всего материала в целом намечается очень четкое увеличение плодовитости. Первыми на нерест идут рыбы с наиболее низкой плодовитостью, а последними—наиболее плодовитые. У четырехлеток плодовитость увеличивается от 9,2 до 14,3 тыс., у пятилеток—от 16,6 до 28,3 тыс., у шестилеток—от 22,9 до 32,6 тыс. икринок (табл. 4).

Таблица 4

Сроки наблюдений	Изменение плодовитости в тыс. икринок			
	четырёхлетки	пятилетки	шестилетки	семилетки
10—20/V	9,2	16,6	—	—
21—31/V	11,4	17,5	22,9	—
1—10/VI	14,3	24,3	26,9	—
11—20/VI	—	28,3	32,6	34,4
В среднем за весь период	12,2	22,5	28,1	34,4

Дополнительно мы проанализировали материал по плодовитости салаки Рижского залива, предоставленный нам Л. А. Раннак. Были исследованы три группы рыб длиной 12,0—13,0 см, 13,0—15,0 см и 15,0—17,0 см. Для удобства сравнения плодовитость рыб в первой декаде хода принимали за 100%.

Рыб длиной 12,0—13,0 см можно считать впервые нерестующими. У них в течение нерестового хода плодовитость с некоторыми колебаниями увеличивается до 115,2%. У рыб второй группы к концу хода плодовитость составляет 126%, а у рыб третьей группы—160% (табл. 5).

Таблица 5

Декады от начала нерестового хода	Изменение плодовитости в % салаки длиной в см		
	12—13	13—15	15—17
I	100,0	100,0	100,0
II	100,0	106,7	109,0
III	107,2	118,6	124,5
IV	112,5	119,2	141,8
V	96,4	100,0	162,9
VI	115,2	126,2	160,3

Таким образом, полученные данные подтверждают выявленную нами закономерность и свидетельствуют о том, что различие плодовитости у особей, идущих в начале и в конце нерестового хода, возрастает с увеличением размеров тела рыбы.

ВЫВОДЫ

1. У салаки Рижского залива длиной 17 см сроки нереста определялись ее плодовитостью. Первыми в середине мая идут на нерест особи с пониженной плодовитостью—15300 икринок. У рыб, пришедших на нерест в конце июня, количество икры увеличивается до 35400 шт.

2. По мере роста салаки различие в плодовитости у рыб, идущих на нерест в начале и в конце нерестового хода, увеличивается.

3. Исследованная салака длиной 17,0 см была четырех возрастных групп (четырёх-, пяти-, шести- и семилетки). При одинаковой длине тела с увеличением возраста плодовитость изменяется от 12200 икринок у четырехлеток до 34400 у семилеток. В пределах каждой возрастной группы рыб этой длины первыми шли на нерест наименее плодотворные особи, а последними—наиболее плодотворные.

4. Полученные данные подтверждают высказанное нами предположение о том, что растянутость нереста салаки является следствием ее неодинаковой плодовитости [4].

5. У исследованной салаки за счет изменения плодовитости вес гонад увеличился от 4,2 в начале до 14,8 г в конце нерестового хода при почти не изменяющемся весе тушки. Это свидетельствует о том, что рыба за счет питания в какой-то мере компенсировала расход белков своего тела [5], связанный с развитием гонад. Следовательно, при нормальном развитии половых продуктов должно существовать равновесие между расходом белков тела и их пополнением за счет питания. Чем выше будет плодовитость, тем длительнее должен быть период дополнительного питания, что соответствующим образом должно сказаться на интенсивности процесса созревания гонад и на сроках нереста.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анохина Л. Е., О связи плодовитости и жирности салаки, ДАН СССР, вып. 129, № 9, 1959.
 2. Дрягин П. А., Половые циклы и нерест рыб, Известия ВНИОРХа, т. 28, Пищепромиздат, 1949.
 3. Лишев М. Н., Николаев И. И., Юданов К. И., Разведка салаки, изд. журнала «Рыбное хозяйство», 1956.
 4. Кривобок М. Н. и Тарковская О. И., Определение сроков нерестовых миграций салаки на основании изучения ее жирового обмена, Труды ВНИРО, т. XLII, Пищепромиздат, 1960.
 5. Петренко И. Н. и Карасикова А. А., Использование показателей аминокислотного состава белков салаки при составлении краткосрочных прогнозов ее уловов, Труды ВНИРО, т. XLII, Пищепромиздат, 1960.
 6. Раннак Л. А., Плодовитость салаки и определяющие ее факторы, Гидробиологические исследования Института зоологии и ботаники АН Эстонской ССР, № 1, 1958.
-

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ РЫБ НА СЕТНОЕ ПОЛОТНО

Н. Е. АСЛАНОВА

В настоящее время в нашей и зарубежной литературе имеется много сведений о выработке у рыб, как и у других животных, условных рефлексов на различные раздражители (свет, звук, различные цвета, течение, температуру и соленость воды, хищников и даже на различную форму и величину предметов). Однако до сих пор остается невыясненным вопрос о рефлекторной деятельности промысловых рыб при встрече их с орудиями лова, хотя эти исследования представляют большой интерес в связи с разработкой конструкций орудий лова и новых способов рыболовства.

С целью разработки методики исследования в 1957—1958 гг. во ВНИРО были проведены работы по изучению реакции рыб на сетное полотно разной ячеи и разного цвета в экспериментальных условиях.

В качестве подопытного материала мы выбрали верховку (*Leucasprius delineatus* Heck.)—небольшую стайную рыбу из семейства карповых, живущую в пресных водах.

Она легко переносила условия содержания в аквариумах: охотно поедала корм, нерестилась и сохраняла стайное поведение.

Опыты ставили в аквариумах размером $200 \times 80 \times 80$ см с ноября по январь, а предварительные опыты провели в период нереста—в июле—августе. Вместе со взрослыми рыбами в аквариумах находилась и их молодежь. Длина рыб колебалась от 3 до 8 см. Рыб кормили личинками комара-толкунца (хириномусом) один раз в сутки в определенное время (с 12 до 14 час.) и в определенном месте аквариума (в кормушке). Каждой группе рыб задавали 20 г корма, а после опыта остатки его выбирали. Такое количество корма оказалось вполне достаточным для разового насыщения подопытных рыб самой большой группы (145 экз.). Опыты с голодными рыбами ставили после 24-часового их голодания.

Были поставлены три серии опытов: с голодными рыбами, во время кормления и с накормленными рыбами.

В каждой серии опытов участвовали три группы рыб: из 145 экз. (120 взрослых рыб и 25 экз. молоди), из 10 взрослых рыб и 2 взрослых рыб. Такое соотношение рыб в группах было взято условно, с тем чтобы проследить реакцию рыб на один и тот же раздражитель в зависимости от их количества в группе. Воду в аквариумах меняли через 2—3 дня. Один раз в сутки измеряли температуру воды: в течение ноября—января она колебалась от 17 до 19°.

Сетное полотно с помощью хлопчатобумажной нитки прикрепляли к раме, изготовленной из 1,5-миллиметровой латунной проволоки. Сетку устанавливали в вертикальном положении поперек аквариума на расстоянии 2—3 см от его продольных стенок. В средней части рамы, у

дна аквариума, оставляли щель в 2—3 см. Таким образом, рыба могла обходить сеть с трех сторон (с боков и под сеткой).

Опыты длились по 1,5—2 часа. Через каждые 30 мин. сетку устанавливали на разных расстояниях от кормушки, перегородившая аквариум на две части, которые условно были обозначены буквами А и Б. Сетку устанавливали в трех положениях: на расстоянии 175, 100 и 25 см от кормушки.

Наблюдения вели при освещении аквариума лампой дневного света. Освещенность, измерявшаяся люксметром типа ЛК-2, в течение всех опытов была постоянной: в средней части аквариума 100 лк, в крайних частях 50 лк.

Во время опытов следили за реакцией рыб на сетное полотно: регистрировали в дневнике их движения в аквариуме без сетки, при установке сетки на разном расстоянии от кормушки, при движении сетки из одного положения в другое, а также учитывали количество рыб, прошедших из одного сектора в другой.

Изучали реакцию у различных в количественном отношении групп рыб на сетное полотно белого и коричневого цветов с ячейей 5 и 16 мм. Через ячейю 5 мм взрослая рыба не проходит и не объеживается в ней, а через ячейю размером 16 мм подопытная рыба свободно проходит.

РЕАКЦИЯ РЫБЫ НА СЕТНОЕ ПОЛОТНО БЕЛОГО ЦВЕТА С ЯЧЕЕИ 5 мм

Опыты, проведенные с голодными рыбами, свидетельствуют о том, что до установки сетки рыбы в группе 145 экз. плавали хаотически в толще воды. Молодь держалась вместе со взрослой рыбой (рис. 1).

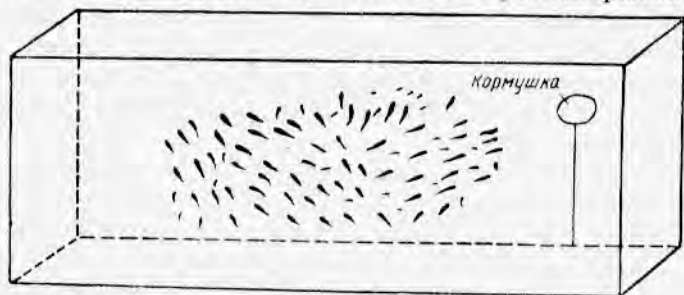


Рис. 1. Схема распределения рыбы до установки сетки (группа рыб в 145 экземпляров).

Однако путем предварительных опытов установлено, что в период нереста молодь держится отдельно от взрослых рыб, плавая в более верхних слоях воды.

При установке сетки на расстоянии 175, 100 и 25 см от кормушки у голодных рыб в группе 145 экз. обычно появлялась оборонительная реакция на сетное полотно белого цвета с ячейей 5 мм—рыбы пугались сетки и, как правило, уходили в придонный слой воды, где в течение нескольких минут оставались малоподвижными.

Через несколько минут после встречи с неподвижной сеткой рыбы не пугались ее, но и не подходили к ней вплотную, а держались от нее на некотором расстоянии, спокойно плавая в толще воды. Движущаяся сетка снова вызывала у рыб оборонительную реакцию—они также уходили от нее в придонный слой воды и некоторое время находились там в малоподвижном состоянии.

При установке сетки на разном расстоянии от кормушки рыбы вели себя в разных секторах неодинаково.

При установке сетки в середине аквариума, когда оба сектора (А и Б) по площади равны, рыба распределялась в них равномерно

(рис. 2,а). В секторе, большем по площади, рыба распределялась в основном в центральной его части (рис. 2,б). В меньший сектор рыба почти не заходила, а если заходила, то возбужденно плавала, натываясь на сетку и стенки аквариума, а затем быстро уходила в большой сектор.

Этот характерный момент в поведении стайных рыб мы наблюдали также у азовской хамсы и сельди в зоне ставных неводов Керченского пролива и у черноморской хамсы, шпрота и ставриды в ставных нево-

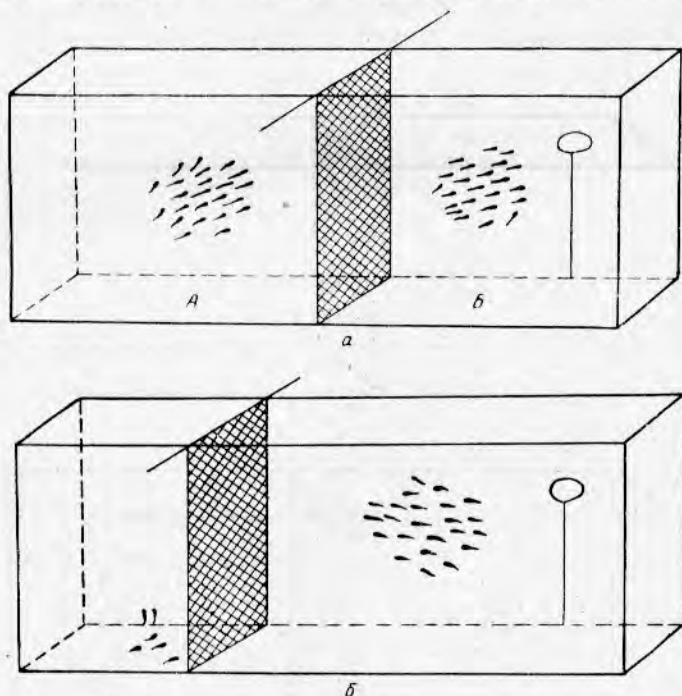


Рис. 2. Схема распределения рыбы (группа в 145 экз.) при установке сетки на расстоянии от кормушки:

а—100 см; б—175 см.

дах северо-западной части Черного моря. По-видимому, у всех стайных рыб при встрече с сетным полотном появляется оборонительная реакция, ведущим рецептором которой в светлое время суток является зрение. Однако со временем эта реакция у рыбы менялась—через некоторое время она адаптировалась к сетному полотну, после чего сетное полотно было ориентиром в ее движении, и она, как правило, шла вдоль сетного полотна.

При большом скоплении рыбы в садке ставного невода оборонительная реакция на сетное полотно появлялась снова; при этом рыба выходила из садка, стенки которого служили ориентиром при движении.

Поэтому при постройке садков ставных неводов и их эксплуатации необходимо учитывать характерные особенности поведения стайных рыб.

Голодные рыбы во второй группе (10 экз.) до установки сетки держались стайкой, оживленно плавая в толще воды. При установке сетки на расстоянии 175, 100 и 25 см от кормушки стайка рыб пугалась сетки, уплотнялась (расстояние одной рыбки от другой значительно сокращалось) и быстро уходила в придонный слой воды, где в течение нескольких минут оставалась малоподвижной. Если одна-две рыбки от-

ходили от стайки, то они обычно возбужденно плавали в течение нескольких секунд, затем снова возвращались к стайке.

От движущейся сетки рыба также уходила в придонный слой воды и обычно держалась в том секторе, где оказывалась при движении сетки. В это время рыба плавала организованной стайкой (рис. 3,а). Только в первый момент оборонительной реакции движения у рыбы становились неравномерными, стая нарушала свой строй, причем чаще всего уплотнялась. Иногда в первый момент реакции стая распадалась, но очень быстро все подопытные рыбы снова собирались в плотную стайку. У подопытных рыб второй группы стайность сильно развита:

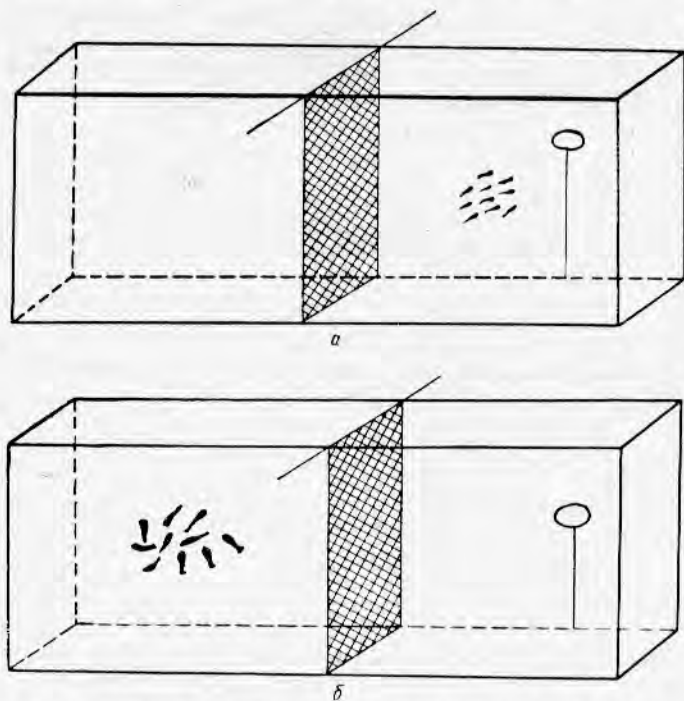


Рис. 3. Схема распределения рыбы (группа в 10 экз.):
а—при движении; б—при остановке.

если уходила одна рыбка, то остальные следовали за ней. При движении стайки одна рыба находилась на расстоянии 5—6 см от другой. При остановке движения строй нарушался (рис. 3,б).

Оборонительная реакция у голодных рыб этой группы была более продолжительной (в 2—2,5 раза), чем у рыб первой группы (145 экз.).

Голодные рыбы третьей группы (2 экз.) до установки сетки держались в толще воды вместе, спокойно плавая в разном направлении.

При установке сетки на расстоянии 175, 100 и 25 см от кормушки рыбы пугались сетки, уходили от нее в противоположную сторону, обычно опускались в придонный слой воды и становились малоподвижными. Иногда в первые 10—20 мин. опыта рыбы, опустившись в придонный слой воды, плавали возбужденно, движения их были то очень быстрыми (рывками), то совершенно прекращались. В это время рыбки держались вместе, в основном в секторе, большем по площади. Такое неуравновешенное поведение рыб продолжалось свыше 1,5—2 час.

При передвижении сетки рыба обычно оставалась в том секторе, где она находилась до этого. Движущейся сетки рыба пугалась, уходила от нее в противоположную сторону, была малоподвижной и дер-

жалась вместе. Из одного сектора в другой рыба переходила редко. Если же одна из рыб уходила в другой сектор, то вторая немедленно следовала за ней.

Голодная рыба этой группы адаптировалась к сетному полотну в 3—4 раза медленнее, чем рыба из группы в 10 экз.

РЕАКЦИЯ РЫБЫ В РАЗЛИЧНОМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ НА СЕТНОЕ ПОЛОТНО БЕЛОГО ЦВЕТА С ЯЧЕЙ 16 мм

Голодные рыбы первой группы (145 экз.) при установке сетки с ячейей 16 мм на расстоянии 175, 100 и 25 см от кормушки, а также движущейся сетки пугались, а затем через некоторое время адаптировались к ней так же, как к сетке с ячейей 5 мм.

Несмотря на крупную ячейю, рыба не проходила через сетное полотно, а обходила его сбоку, так же как и сеть с ячейей 5 мм.

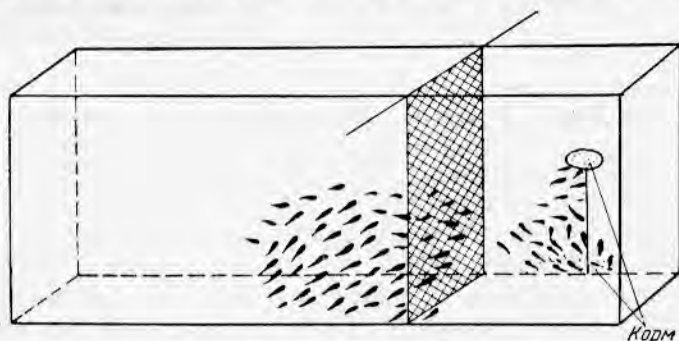


Рис. 4. Схема распределения рыбы во время кормления (группа в 145 экз.).

Наблюдения, проведенные в момент кормления рыбы, свидетельствуют о том, что рыбы первой группы, заметив корм, не пугались сетки, установленной даже на расстоянии 25 см от кормушки, а стремительно направлялись к кормушке, обходя сетку сбоку и проникая через ячейю (рис. 4).

На сетку, движущуюся и установленную на расстоянии 175 см от кормушки, рыба в момент кормления совершенно не реагировала. Она оживленно плавала и охотно поедала корм. Усиленное питание продолжалось в течение 10—15 мин., после чего рыба спокойно проходила из одного сектора в другой сбоку сетки. Во время усиленного питания рыба не уходила из меньшего сектора в больший.

При наличии концентрированного корма рыба группами по 3—5 экз. подходила к кормушке в толще воды, хватала корм, отходила на некоторое (10—15 см) расстояние, затем тут же возвращалась и снова брала корм. Рассеянный корм рыба обычно собирала, держась разреженно. Эти наблюдения свидетельствуют о том, что у рыб одного и того же вида способ питания может быть различным даже при одном и том же виде корма, но разном его состоянии (концентрированный или рассеянный).

Накормленные рыбы этой группы снова становились более пугливыми. При установке сетки на расстоянии 25, 100 и 175 см от кормушки рыба обычно уходила от сетки в противоположную сторону и двигалась некоторое время хаотически. Она пугалась также движущейся сетки. В большем секторе рыба распределялась равномерно, а в меньшем она резко двигалась и обычно не задерживалась в нем надолго, а уходила в больший сектор сбоку сетки и единично проникала через ячейю.

Двигательная активность у накормленных рыб была меньше, чем у рыб голодных и во время кормления.

Накормленные и голодные рыбы распределялись по отношению к сетному полотну независимо от места и времени кормления, несмотря на то что их всегда кормили в определенном месте аквариума и в определенное время. Это указывает на большую биологическую значимость оборонительной реакции у рыб на сетное полотно.

Рыбы второй группы (10 экз.) во время кормления пугались установленной сетки и в течение нескольких минут не заходили в зону кормления.

При перемещении сетки на расстояние 100 см от кормушки некоторые рыбы иногда проходили через ячейку сетки в другой сектор под кормушку, но при этом не брали корм. При установке сетки на расстоянии 175 см от кормушки все рыбы, как правило, переходили в сектор Б, но только через 8—10 мин. осторожно подходили к кормушке и брали корм. Если корм лежал на дне аквариума рассеянно, то рыбы его собирали, а если находился на дне аквариума концентрированно или плавал в толще воды, то рыбы хватали его, причем подвижность их увеличивалась.

Накормленные рыбы этой группы при установке сетки пугались ее и уходили в придонный слой воды, где сбивались в плотную стаю и были малоподвижными в течение нескольких минут. Движущейся сетки рыба также пугалась и уходила от нее в противоположную сторону. При переходе из одного сектора в другой рыба проходила в основном с боков сетки, а не через ячейку.

Накормленная рыба была менее подвижна и адаптировалась к сетному полотну медленнее, чем рыба голодная и в период кормления.

Во время кормления рыба третьей группы (2 экз.) при установке сетки на разном расстоянии от кормушки, так же как и в других случаях, пугалась и уходила от нее в противоположную сторону. К кормушке она не подходила в течение нескольких часов, корм поедала обычно после опытов, когда сетка была убрана. Были случаи, когда рыба схватывала корм, но вторично его не брала, хотя в кормушке он был в большом количестве.

Движущейся сетки рыба каждый раз пугалась, уходила от нее в противоположную сторону и возбужденно плавала некоторое время, затем становилась малоподвижной и опускалась в придонный слой воды.

Рыба этой группы пугалась сетного полотна на протяжении нескольких часов даже во время кормления, при наличии в кормушке большого количества корма. Из одного сектора в другой она обычно проходила с боков или под сеткой, значительно реже—через ячейку.

Рыба этой группы хуже отыскивала и поедала корм.

Накормленная рыба при встрече с сетным полотном пугалась его и уходила в противоположную сторону, проходя из одного сектора в другой с боков сетки и под ней. Через ячейку, как правило, рыба не проходила.

Накормленная рыба была менее подвижной и адаптировалась к сетному полотну медленнее, чем голодная или во время кормления.

На рис. 5,а графически показана адаптация различных по количеству групп рыб к сетному полотну белого цвета с ячейей 16 мм: группа рыб в 145 экз. адаптировалась быстрее, чем группы рыб в 10 и 2 экз. Такая закономерность наблюдалась у рыб, находившихся в различном физиологическом состоянии,—у голодных, во время кормления и у накормленных.

На рис. 5,б показана адаптация к такому же сетному полотну рыб в различном физиологическом состоянии. Во время кормления рыбы

адаптировались быстрее, чем голодные и накормленные рыбы той же группы. Эта закономерность прослеживалась у всех подопытных групп рыб.

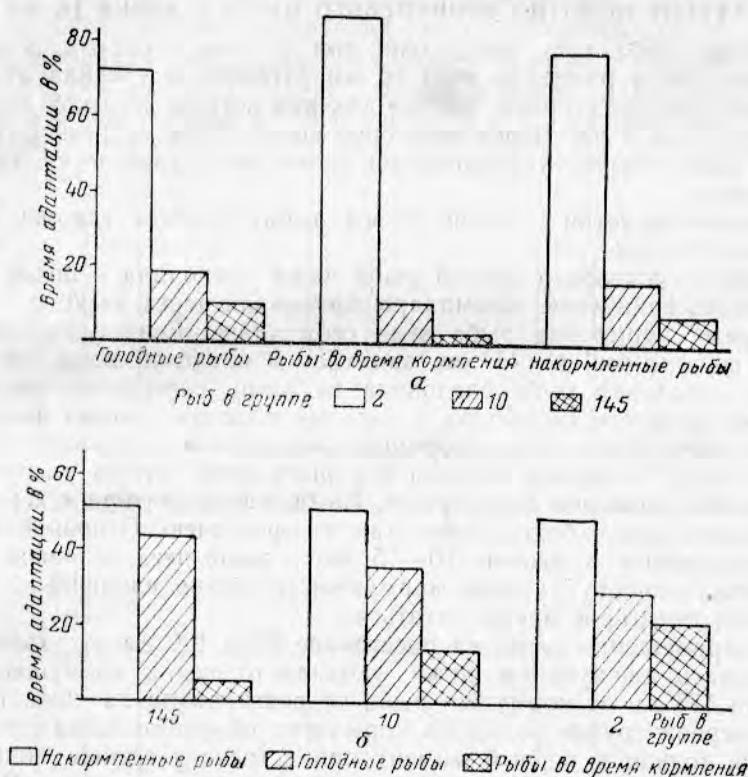


Рис. 5. Адаптация к сетному полотну белого цвета с размером ячеек 16 мм:

а—у различных по численности групп рыб; б—у рыб в различном физиологическом состоянии.

РЕАКЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП РЫБ НА СЕТНОЕ ПОЛОТНО КОРИЧНЕВОГО ЦВЕТА С ЯЧЕЕЙ 5 мм

Голодная рыба всех трех групп при встрече с сетным полотном коричневого цвета с ячейей 5 мм, установленным на разном расстоянии от кормушки, обычно пугалась сетки и уходила в противоположную сторону. Рыба опускалась в придонный слой воды, но через некоторое время адаптировалась к сетному полотну и спокойно плавала в толще воды.

Движущаяся сетка снова вызывала у рыбы оборонительную реакцию. Она также пугалась сетки, опускалась в придонный слой воды, но через некоторое время успокаивалась, поднималась в толщу воды и плавала по всему аквариуму, переходя из одного сектора в другой сбоку сетки. Молодь в течение всего опыта держалась вместе со взрослой рыбой, так же как в опытах с белой сеткой.

Однако предварительные опыты, проведенные в нерестовый период, свидетельствуют о том, что молодь адаптируется к сетному полотну быстрее, чем взрослая рыба.

Оборонительная реакция на сетное полотно коричневого цвета появлялась у всех подопытных групп рыб, но различные в количественном отношении группы адаптировались по-разному: быстрее всех рыбы первой группы (145 экз.) и медленнее всех рыбы третьей группы (2 экз.).

РЕАКЦИЯ РЫБЫ В РАЗЛИЧНОМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ НА СЕТНОЕ ПОЛОТНО КОРИЧНЕВОГО ЦВЕТА С ЯЧЕЕЙ 16 мм

Голодная рыба всех трех групп при встрече с сетным полотном коричневого цвета размером ячеи 16 мм пугалась и уходила от сетки в противоположную сторону, так же как при встрече с сеткой коричневого цвета ячеей 5 мм. Через некоторое время после встречи с сетным полотном рыба обычно успокаивалась и медленно хаотически плавала в толще воды.

Движущейся сетки с ячеей 16 мм рыба пугалась так же, как и сетки с ячеей 5 мм.

Из одного сектора в другой рыба чаще проходила с боков сетки и очень редко единичные экземпляры проникали через ячею.

Во время кормления рыба вела себя иначе. Если одна или две особи из группы рыб в 145 экз. заметили и схватили корм, то через 1—2 мин. остальная рыба следовала за ними, совершенно не боясь сети. Рыба вплотную подходила к сетному полотну и через несколько минут все особи были в зоне кормушки, охотно поедали корм и оживленно плавали. Во время питания вся рыба этой группы распределялась в секторе, меньшем по площади. Из большего сектора к кормушке она проходила как с боков сетки, так и через ячею. Основной жор у рыбы продолжался в течение 10—15 мин., после чего основное количество рыбы уходило из зоны кормушки и только единичные особи продолжали некоторое время питаться.

При перемещении сетки на расстоянии 25 и 100 см от кормушки рыба пугалась движущейся сетки, уходила от нее к кормушке. На расстоянии 175 см от кормушки рыба не реагировала на движущуюся сетку. В первой группе во время кормления оборонительная реакция появлялась только в первый момент при встрече с сетным полотном, а потом рыба очень быстро адаптировалась к сетному полотну. В предварительных опытах у этой группы рыб оборонительная реакция на сетное полотно вовсе не появлялась. Эти наблюдения свидетельствуют о том, что пищевой рефлекс у этой группы рыб в период нереста был биологически более сильным, чем оборонительный.

Группа рыб в 10 экз. во время кормления пугалась сетки и уходила от нее организованной стайкой. Рыба питалась в течение всего опыта (1,5 часа). Движущейся сетки она также пугалась. При установке сетки в середине аквариума, на расстоянии 100 см от кормушки, стайка уходила иногда в другой сектор и в течение нескольких минут не подходила к кормушке. Из одного сектора в другой рыбы этой группы в основном переходили с боков сетки и под ней и только единичные особи проходили через ячею.

Рыба третьей группы (2 экз.) во время кормления пугалась сетки и также уходила от нее в противоположную сторону.

У всех подопытных групп рыб во время кормления появлялась оборонительная реакция на сетное полотно коричневого цвета с ячеей 16 мм, но адаптировались к сетному полотну рыбы в различных группах различно: в третьей группе значительно позже, чем в первой и второй группах.

Накормленная рыба в группе из 145 экз. при встрече с сетным полотном пугалась сетки, уходила от нее хаотически в придонный слой воды, плавала более медленно, чем рыба голодная и во время кормления. При установке сетки на расстоянии 25 и 175 см от кормушки рыба этой группы распределялась обычно в секторе, большем по площади.

При переходе из одного сектора в другой накормленные рыбы этой группы проходили небольшими стайками в виде ленты в основном с боков сетки и под сеткой; через ячею проходили лишь единичные

экземпляры. Движущейся сетки рыба пугалась и уходила от нее в придонный слой воды. При установке сетки в середине аквариума на расстоянии 100 см от кормушки рыба равномерно распределялась в обоих секторах. Молодь и взрослая рыба держались вместе.

Накормленная рыба второй группы при встрече с сетным полотном пугалась сетки, уходила от нее стайкой, причем стайка уплотнялась.

При установке сетки на расстоянии 25 и 175 см от кормушки рыба держалась в секторе, большем по площади. Из одного сектора в дру-

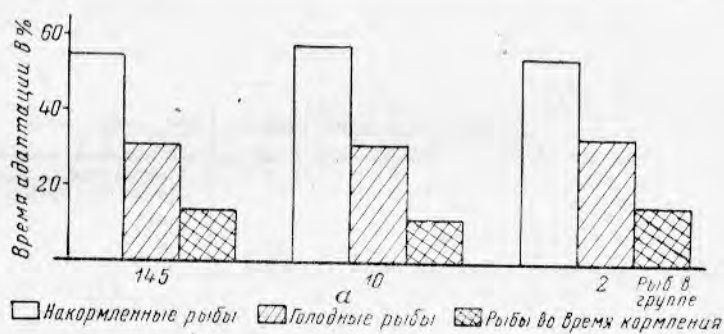


Рис. 6. Адаптация к сетному полотну коричневого цвета с размером ячеек 16 мм:

а—у рыб в различном физиологическом состоянии; б—у различных по численности групп рыб.

гой рыба переходила одна за другой с боков сетки и под сеткой. Через ячейку сетки она проходила очень редко и только единичными экземплярами. При установке сетки в середине аквариума на расстоянии 100 см от кормушки рыба распределялась в любом секторе. Движущейся сетки она пугалась и уходила от нее в придонный слой воды. Накормленная рыба этой группы была менее подвижна, чем рыба во время кормления и голодная.

В группе из 2 экз. накормленная рыба адаптировалась к сетному полотну значительно позже, чем рыба голодная и во время кормления.

Опыты, проведенные в течение суток с рыбами, находящимися в различном физиологическом состоянии, показали, что оборонительная реакция на сетное полотно коричневого цвета с ячейей 16 мм появлялась у всех подопытных рыб, но адаптировались рыбы к сетному полотну различно: кормящиеся рыбы адаптировались быстрее, чем голодные и накормленные рыбы (рис. 6,а). Такая закономерность наблюдалась во всех подопытных группах.

Рыбы первой группы (145 экз.) адаптировались к сетному полотну быстрее, чем рыбы остальных групп. Это закономерно для рыб кормящихся, голодных и накормленных (рис. 6,б).

Опыты по изучению реакции рыб на сетное полотно свидетельствуют о том, что почти все подопытные рыбы адаптировались к сетному полотну коричневого цвета быстрее, чем к сетному полотну белого цвета, за исключением кормящихся рыб из группы в 145 экз., у которых реакция оказалась одинаковой (см. таблицу).

Физиологическое состояние рыбы	Адаптация в %* к сетному полотну разного цвета групп рыб					
	145 экз.		10 экз.		2 экз.	
	белый	коричневый	белый	коричневый	белый	коричневый
Голодные	78,1	21,9	64,3	35,7	66,6	33,4
Кормящиеся	50,0	50,0	66,6	33,4	74,2	25,8
Накормленные	71,6	28,4	59,1	40,9	65,7	34,3

* За 100 % приняты показатели реакции рыб на белое и коричневое сетное полотно в каждой группе рыб.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что у всех подопытных рыб при встрече с сетным полотном белого и коричневого цвета размером ячеи 5 и 16 мм всегда появлялась оборонительная реакция. Рыбы, как правило, пугались сетки, уходили от нее в противоположную сторону и на некоторое время опускались в придонный слой воды.

Исключением были кормящиеся рыбы из группы в 145 экз. в период нереста. У них оборонительная реакция не появлялась совсем. Эти наблюдения заставляют предполагать, что у стайных рыб, питающихся в нерестовый период, наилучший улов можно ожидать в момент их кормления, когда сетное полотно не вызывает оборонительной реакции.

2. Все подопытные рыбы, у которых появлялась оборонительная реакция, через некоторое время адаптировались к сетному полотну. Однако во время кормления рыбы адаптировались быстрее, чем голодные и накормленные рыбы.

3. Различные в количественном отношении группы подопытных рыб (145, 10 и 2 экз.) адаптировались к сетному полотну различно: в группе из 145 экз. рыбы адаптировались быстрее, чем в группах из 10 и 2 экз. Такая закономерность реакции наблюдалась у рыб при различном физиологическом состоянии (голодных, накормленных и во время кормления). Эта характерная особенность поведения стайных рыб на раздражители (сетное полотно), по-видимому, закономерна и для стайных промысловых рыб.

4. Почти все подопытные рыбы адаптировались к сетному полотну белого цвета ячеей 5 и 16 мм позже, чем к сетному полотну коричневого цвета той же ячеи. Исключением были кормящиеся рыбы в группе из 145 экз., которые адаптировались к тому и другому полотну одинаково.

Эти наблюдения свидетельствуют о том, что стайных рыб в момент кормления, по-видимому, можно облавливать с равным успехом, независимо от окраски сетного полотна.

5. Молодь подопытных рыб летом (июль—август) адаптировалась к сетному полотну быстрее, чем взрослые рыбы, а в осенне-зимний период подростящая молодь адаптировалась к сетному полотну так же, как и взрослые рыбы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бару А. В., К сравнительной физиологии условных рефлексов. Автореферат диссертации, Л., 1951.
2. Булл Н., Сенсорное различие у рыб, исследованное методом условных реакций, Физиологический журнал СССР, 1, т. XXI, вып. 5—6, 1936.
3. Быков К. М., Учение И. П. Павлова и современное естествознание. Медгиз, 1952.
4. Быков К. М., Проблемы физиологии центральной нервной системы, АН СССР, 1957.
5. Бирюков Д. А., К вопросу о природе ориентировочной реакции. Тезисы докладов на конференции по проблемам ориентировочного рефлекса, АН СССР, 1957.
6. Бирюков Д. А., Основные проблемы сравнительной физиологии и патологии нервной деятельности, в сб. «Проблемы сравнительной физиологии нервной деятельности», ИЭМ, Медгиз, 1958.
7. Воронин Л. Г., Анализ и синтез сложных раздражителей у высших животных, Медгиз, 1952.
8. Касимов Р. Ю., Условные рефлексы у осетровых рыб, Зоологический журнал, 1958, т. 37, вып. 9.
9. Коштойац Х. С., Основы сравнительной физиологии, т. 2, АН СССР, 1957.
10. Лобашев М. Е. и Савватеев В. Б., Физиология суточного ритма животных (в частности рыб), АН СССР, 1959.
11. Лобашев М. Е., Биология условного рефлекса (в частности у линя, осетра, стерляди), Труды Института физиологии им. И. П. Павлова, т. 8, АН СССР, 1959.
12. Лобашев М. Е., Савватеев В. Б. и Маршин В. Г., Адаптация к безусловному раздражителю в процессе образования условного рефлекса (опыты с рыбами—линь), ДАН СССР, т. 126, № 6, 1959.
13. Малюкина Г. А., Об анализаторе боковой линии рыб, «Вопросы ихтиологии», вып. 5, 1955.
14. Малюкина Г. А., Слух некоторых черноморских рыб в связи с экологией и особенностями строения их слухового аппарата, Журнал общей биологии, 1960, № 3.
15. Пегель В. А., Физиология пищеварения рыб, Труды Томского гос. ун-та, т. 108, изд. Томского ун-та, 1950.
16. Павлов И. П., Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных, Биомедгиз, 1938.
17. Павлов И. П., Полное собрание сочинений, т. III, кн. 2, АН СССР, 1951.
18. Павлов И. П., Полное собрание сочинений, т. IV, АН СССР, 1951.
19. Праздникова Н. В., Методика исследования двигательных-пищевых условных рефлексов рыб, Журнал высшей нервной деятельности, т. IV, вып. 6, 1955.
20. Праздникова Н. В., Пищевые двигательные условные рефлексы и условный тормоз у рыб, Труды Института физиологии им. И. П. Павлова, т. 2, 1953.
21. Семенов И. М., Рефлексы головного мозга, Избранные произведения, т. I, АН СССР, 1952.
22. Тагиев Ш. К., Сложные двигательные условные рефлексы на цепи раздражителей у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
23. Фролов Ю. П., О дифференцировании световых условных раздражителей у рыб, Русский физиологический журнал, т. 9, 1926.
24. Фролов Ю. П., Условные двигательные рефлексы у пресноводных и морских рыб, Труды физиологической лаборатории им. акад. И. П. Павлова, т. 10, 1941.
25. Холодов Ю. А., Образование условных рефлексов на магнитное поле у рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
26. Чумак В. И., Условные рефлексы на отношении раздражителей, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
27. Bull H., The relationship between state of maturity and chemical composition of the whiting, *Gadus merlangus* L., J. Marine Biological Ass., Vol. 15, N 1, 1928.
28. Bull H., Studies on conditioned responses in fishes, J. Marine Biol. Ass., Vol. 15, N 2, 1928.
29. Bull H., Studies on conditioned responses in fishes, J. Marine Biological Ass., Vol. 16, N 2, 1930.
30. Bull H., Studies on conditioned responses in fishes, J. Marine Biological Ass., Vol. 20, N 2, 1935.
31. Frisch K., Ein Zwergwels, der kommt, wenn man ihm pfeift, Biol. Zbl., Bd. 43, 1923.

32. Frisch K., Sind die Fische farbenblind, Zool. Jb. Abt. allg. Zool., Bd. 33, 1933.
 33. Hale E. B., Social facilitation and forebrain function in maze performance of green sunfish, *Lepomis cyanellus*, *Physiol. Zool.*, 29 (2), 1956.
 34. Herter K., Dressurversuche an Fischen *Z. vergl. Physiol.*, Bd. 10, 1929.
 35. Herter K., Die Fischdressuren und ihre sinnesphysiologischen Grundlagen Akademie-Verlag, Berlin, 1953.
 36. Herter K., Über simultanten Farberkontrast bei Fischen *Biol. Zentralbl.*, 69, 1950.
 37. Kettner O., Versuche zum Farbensinn der Fische *Zool. Inst. Humboldt. Univ. Berlin. Zool. Beiträge*, B. I. H—2, 1954.
 38. Schlaifer A., Studies in mass physiology effect of numbers upon the oxygen consumption and locomotor activity of *Carassius auratus*, *Physiolog. Zool.*, XI, N 4, 1938.
 39. Schiemenz F., Über Farbsinn der Fische *Z. vergl. Physiol.*, Bd. I, 1924.
 40. Stetter H., Untersuchungen über den Gehorsinn der Fische, besonders von *Phoxinus laevis* und *Amiurus nebulosis*, *Z. vergl. Physiol.*, Bd. 9, 1924.
 41. Weity Y., Experiments in group behaviour of fishes *Physiol. Zool.*, 7 (1), 1934.
 42. Wunder W., Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas *Handb. Binnenfischerei Mitteleuropas*, II, B, Stuttgart, 1936.
-

**СУТОЧНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ МИГРАЦИИ
ПЛАНКТОНОЯДНЫХ РЫБ****С. Г. ЗУССЕР**

Суточные вертикальные миграции рыб—сложное явление, связанное самым непосредственным образом с условиями освещенности воды. Как известно из литературных данных по суточным вертикальным миграциям водных организмов, планктон и планктофаги ежедневно поднимаются в верхние слои воды с началом вечерних сумерек и опускаются в нижние слои воды с рассветом.

Практическое значение исследований причин суточных вертикальных миграций рыб чрезвычайно велико. Активный промысел в морях и океанах невозможно организовать без знания характера, причин и условий вертикального распределения рыбы.

До сего времени очень мало внимания уделяли биологическому значению света в поведении рыб. Реакцию на свет определяли только с позиций теории тропизмов, как вынужденное притяжение к свету или избегание его рыбами (положительный и отрицательный фототаксис). Между тем влияние света на поведение рыб чрезвычайно разнообразно. Он воспринимается рыбами различно в зависимости от экологических особенностей вида и функционального состояния организма животного.

Свет может влиять как раздражитель, вызывающий оборонительный рефлекс: при неожиданной вспышке света в темноте рыба стремительно вскидывается над поверхностью воды. Как известно из литературных данных, в преднерестовый период многие виды рыб днем поднимаются в поверхностные слои воды для облучения солнечными лучами. Свет освещает корм, увеличивая доступность его для рыб. И, наконец, во время питания планктоноядных пелагических рыб, кормящихся в утренние и вечерние зори, появление или угасание света может носить условнорефлекторный характер.

О причинах суточных вертикальных миграций рыб высказано много теоретических предположений.

Большинство исследователей предполагает, что причина подъема планктона и рыб в верхние слои воды связана с питанием. Однако по поводу причины утреннего ухода этих организмов из поверхностных слоев воды мнения расходятся: одни предполагают наличие приспособительного свойства, выработанного под влиянием губительно действующего дневного света, другие—наличие того же свойства, но выработанного под влиянием хищников.

Наши наблюдения суточных вертикальных миграций хамсы в Черном море, а также анализ литературных данных по суточным вертикальным миграциям каспийской кильки, атлантической сельди, балтийской салаки и других рыб позволили предположить, что в период стокорма рыбы наступление сумерек является сигналом питания. По

мере уменьшения освещенности нижних слоев воды рыба поднимается к поверхности и питается здесь планктоном.

Опускание рыбы с рассветом в нижние слои воды представляет собой защитно-приспособительное свойство, т. е. сытая рыба уходит в более спокойные гидрологические условия и лучше защищенные от нападения хищников [3, 4, 5]. Исходя из этого, мы поставили перед собой задачу проверить в экспериментальных условиях отношение к свету рыб сытых и голодных, а также сигнальное значение света для стайных рыб.

За ценные методические указания приношу благодарность проф. Г. С. Карзинкину.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Подопытными рыбами были верховки (*Leucaspius delineatus* L.) длиной от 3 до 6,5 см. В естественных условиях верховка—стайная рыба, хорошо привлекаемая электрическим подводным светом в период откорма.

В каждом опыте исследовали от 10 до 25 рыб, предварительно выдержанных в аквариуме до появления нормальной пищевой реакции. Обычно кормом для рыб служили личинки хирономид, легко поддающиеся учету. Пищу давали в избытке в различных частях аквариума, чтобы у рыбы не выработалась реакция на место, время, а также условия освещенности.

Опыты по изучению реакции на свет сытых и голодных рыб проводили в аквариуме размером 200×80×80 см, сконструированном нами совместно с О. А. Соколовым (рис. 1).

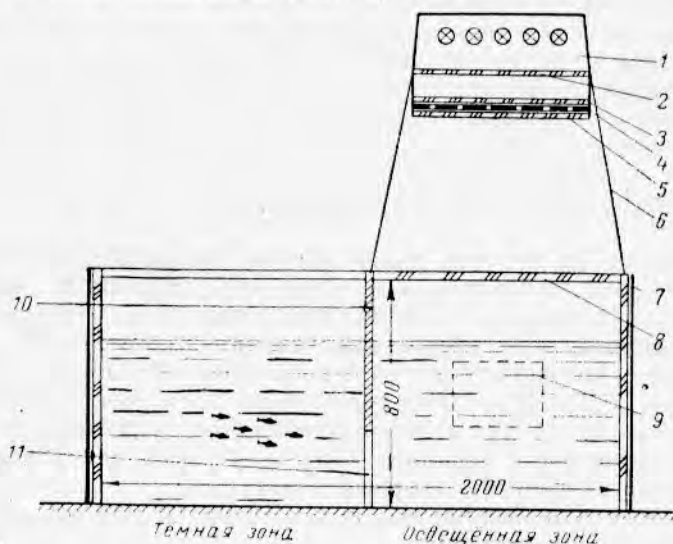


Рис. 1. Схематический разрез аквариума.

Пластмассовой непрозрачной перегородкой 10 высотой 80×40 см аквариум был перегороден на две равные части. В перегородке имелся проход для рыбы 11 шириной 35 см. Левая часть аквариума оставалась затемненной, а над правой частью располагалось осветительное устройство, состоящее из софита с лампами накаливания 1 (9 шт.), матового стекла 2, маски 4, помещаемой между пластинками 3 и 5 из молочного органического стекла, экрана 8 из молочного органического стекла и непрозрачного чехла 6. Совокупность молочных стекол создавала условия для равномерного освещения экрана, который со стороны воды выглядел как одинаково яркая поверхность.

Для изменения освещенности в светлой части аквариума применяли сменные маски, представляющие собой своеобразный светофильтр с множеством равных отверстий, площадь которых заранее была известна. Кроме того, освещенность регулировали с помощью лабораторного автотрансформатора, от которого питались лампы софита.

Для предохранения от проникновения в аквариум постороннего света стенки его закрывали непрозрачным материалом 7, а для наблюдения за поведением рыбы оставляли окно 9.

Во время опыта в течение 30 мин. подсчитывали количество рыб в светлой половине аквариума. До начала опыта рыбе давали возможность в течение 10 мин. освоиться с окружающими условиями. Изучая поведение голодных рыб, их предварительно выдерживали без пищи в течение двух суток, а в опытах с сытыми рыбами их кормили два раза в сутки. Всего было проведено 220 опытов. Чтобы выяснить реакцию ориентировки рыб в различно освещенных отделениях аквариума, мы после каждого опыта снимали верхнее затемнение в одном из отделений аквариума и при равном освещении всего аквариума подсчитывали в течение 20 мин. количество рыб в бывшем освещенном отделении. Всего было проведено 52 опыта.

Сигнальное значение света и темноты изучали в двух аквариумах размером 60×40×35 см. Каждый из них также был разделен перегородкой на два отделения: освещенное и затемненное. Опыты проводились с двумя группами верховок. Первую группу рыб (10 экз.) кормили только при свете: весь день в течение 8 час. ее держали с пищей на свету. В конце дня остатки пищи выбирали и затемняли аквариум картонным колпаком до следующего утра, т. е. держали в темноте без пищи в течение 16 час. Таким образом, у этой группы рыб создавали сочетание корм — свет, т. е. закрепляли приобретенный в естественных условиях рефлекс положительного отношения к свету.

Вторую группу рыб (18 экз.) кормили только ночью: затемняя аквариум колпаком, выдерживали в темноте с пищей в течение 16 час. Утром удаляли остатки корма и рыб оставляли на весь день на свету без пищи. В противоположность первой у этой группы рыб создавали сочетание корм — темнота, т. е. вырабатывали пищевой рефлекс на темноту. Результаты этих экспериментов проверяли один раз в неделю путем подсчета количества рыб (сытых и голодных) в светлой половине аквариума. Всего было проведено 153 опыта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прежде чем приступить к выяснению основных вопросов исследования, необходимо было установить нормы выдачи корма подопытным рыбам. С этой целью мы проследили темп поглощения личинок хирономид за час рыбой, находящейся в стае, в одиночку, на свету и в темноте, а также изменение скорости поедания личинок в каждый последующий час после дачи корма.

В стае рыба активно питалась и схватывала корм без выбора, но спустя 10—15 мин. после его дачи питалась уже менее активно и часто выплевывала захваченную личинку.

У одиночной рыбы оборонительный рефлекс выражен сильнее, чем у рыбы, находящейся в стае: она длительное время не подходила к корму или, схватив личинку, тут же отходила в сторону.

В течение часа одиночная верховка съедала в среднем 6 личинок (5 г), а верховка в стае — 8 личинок (среднее из 8 наблюдений). Наблюдения J. Welty [36] также свидетельствуют, что, находясь в стае, рыба поглощает пищу в большем количестве, чем одиночная.

Подсчет количества выданного и оставшегося корма после пребывания верховки в темноте и на свету давал представление об интенсив-

ности потребления верховкой корма в условиях нашего опыта. В темноте 10 верховок поедали в среднем за 1 час 4 личинки — 1,8% от поданного корма, а на свету — 6 личинок, т. е. 3,1% (среднее из 6 наблюдений).

Согласно нашим наблюдениям за поведением верховки ночью, она в темноте не питается, но если долго держать ее без света (мы держали по 16 час.), то она, в конечном итоге, осваивается с этими условиями и начинает кормиться, пользуясь, по-видимому, другими рецепторами.

Чтобы изучить отношение к свету рыб в зависимости от их накормленности, мы провели многократные наблюдения над реакцией сытых и голодных верховок на свет и установили, что голодные рыбы на свет шли в большем количестве, чем сытые (рис. 2).

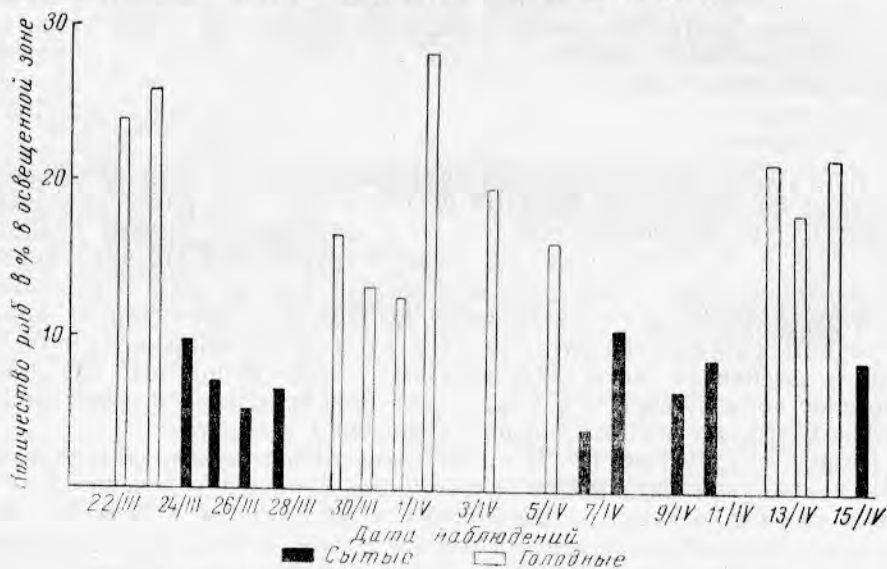


Рис. 2. Реакция на свет сытых и голодных верховок.

Степень накормленности контролировали подсчетом количества пищи, выданной и оставшейся после кормления, а также вскрытием нескольких рыб.

Освещенность в опытах составляла 5 лк. Серией предварительных экспериментов она была установлена как оптимальная.

Затем мы провели трехсуточные наблюдения над реакцией верховок на свет во время голодания и после кормления по методике, применяемой М. Е. Лобашевым и В. Б. Савватеевым в наблюдениях за птицами [15]. У голодных верховок реакция на свет была повышенной (рис. 3), после первого кормления она снизилась, а затем по мере насыщения рыбы постепенно исчезла, т. е. сытые рыбы начали избегать освещения. В 9 час. утра мы прекратили кормление и извлекли из аквариума остатки пищи. Спусти 15—16 час. верховки, проголодавшись, вновь пошли в освещенную зону.

При равном освещении обоих отделений аквариума и голодные, и сытые верховки распространялись в них равномерно, а при затемнении одного отделения голодные рыбы предпочитали светлую зону, а сытые — темную (рис. 4).

Во второй серии экспериментов, как уже указывалось, одну группу верховок кормили на свету, а другую — в темноте. Сводные результаты этих опытов приведены на рис. 5. Ориентировочные реакции рыб обычно наблюдались в пределах 1 мин.

При кормлении в светлое время суток голодные верховки в большем количестве, чем сытые, собирались в освещенной зоне. При корм-

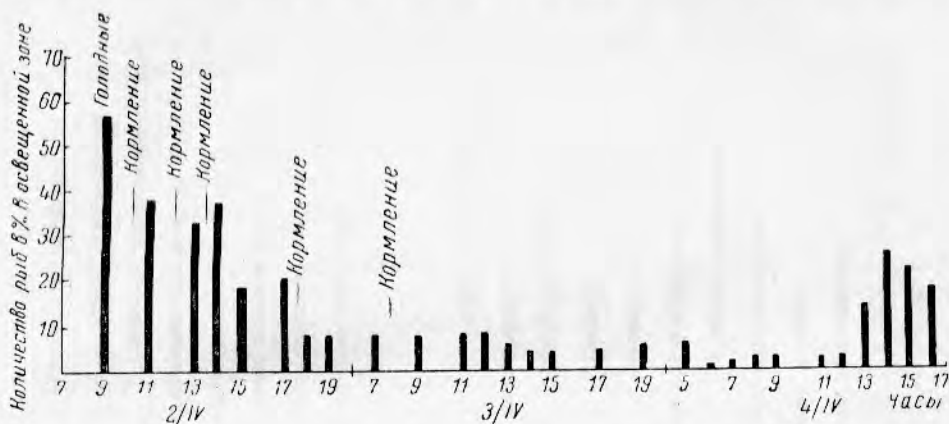


Рис. 3. Реакция верховок на свет в зависимости от накормленности.

лении другой группы рыб в темноте уже на четвертые сутки после начала опытов голодные рыбы концентрировались в темной зоне аква-

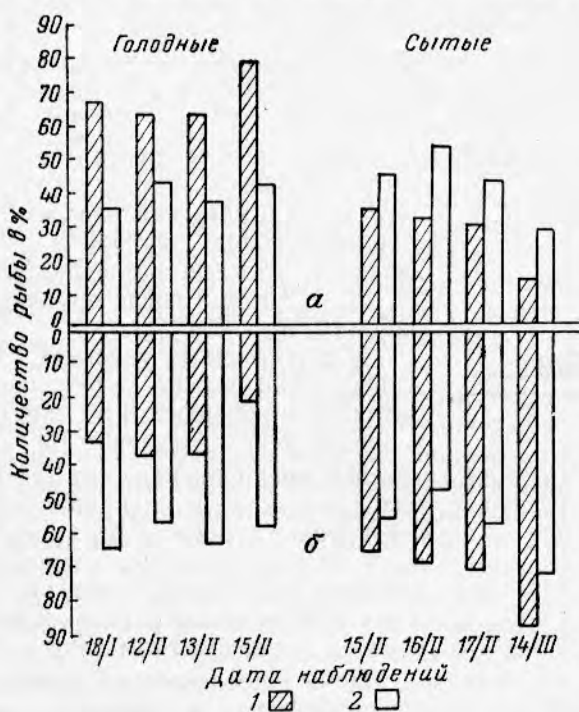


Рис. 4. Сравнение реакции на свет верховок при разном освещении аквариума: а—светлая зона; б—темная зона: 1—освещена половина аквариума; 2—освещен весь аквариум.

риума. Следовательно, сигнальное значение приобрела теперь темнота. Чтобы выяснить, сколько сочетаний требуется стайке верховок для выработки этого рефлекса, мы провели повторный опыт кормления верховок (10 экз.) в темноте с ежедневной проверкой реакции на свет, а не еженедельной, как это мы делали раньше. Оказалось, что условный пищевой рефлекс на темноту вырабатывался после 3—4-кратного

сочетания темноты с кормом (при одном сочетании в день). Как видно из рис. 6, верховки, кормящиеся в темноте, держались преимущественно в темной зоне.

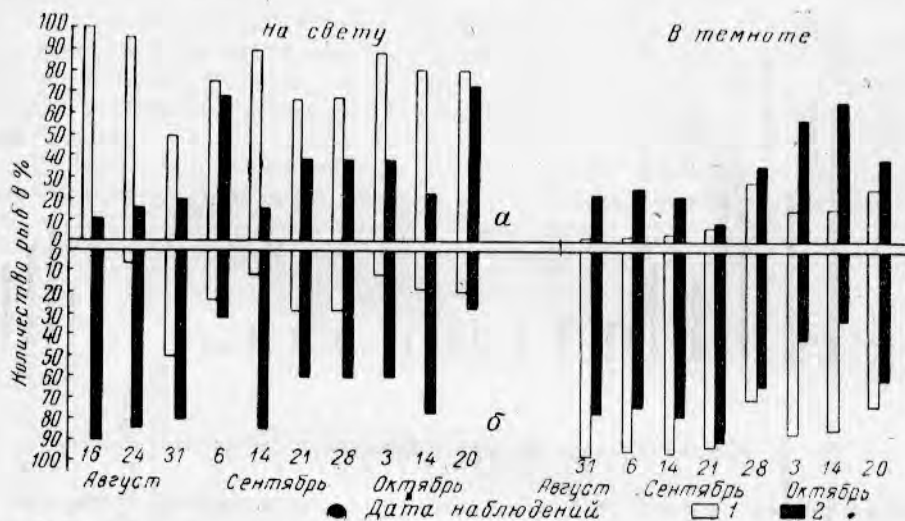


Рис. 5. Реакция верховок на свет в зависимости от кормления в темноте и на свету: а—светлая зона; б—темная зона; 1—голодные рыбы; 2—сытые рыбы.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о наличии связи между степенью накормленности рыбы и условиями освещенности воды.

Это подтверждают наблюдения за поведением в море у искусственного источника света таких промысловых рыб, как хамса, каспийская килька, осетр, стерлядь, молодь тюльки и перкарины, проведенные многими исследователями [18, 22, 29, 25, 7, 8 и др.] после опубликования наших работ [2, 5].

В естественных условиях наиболее интенсивно пелагические планктоноядные рыбы питаются в поверхностных слоях в сумеречных условиях утром и вечером [5].

Мы предполагаем, что наступление вечерних сумерек, т. е. постепенное уменьшение освещенности прежде всего в нижних слоях воды, имеет сигнальное значение для питания рыб, поскольку ежедневно они обнаруживают пищу в виде планктона, сконцентрированного в узком поверхностном слое воды.

Ночью пелагические планктоноядные рыбы не питаются и держатся неподвижно в поверхностных слоях воды, что подтверждается наблюдениями, проведенными в море за хамсой, килькой и другими рыбами с помощью гидроакустических приборов. Такое же явление наблюдали с подводной лодки Д. В. Радаков и Б. С. Соловьев [24] у сельди Баренцева моря. Подробный анализ условий освещенности воды при питании планктофагов дан Б. П. Мантейфелем [19].

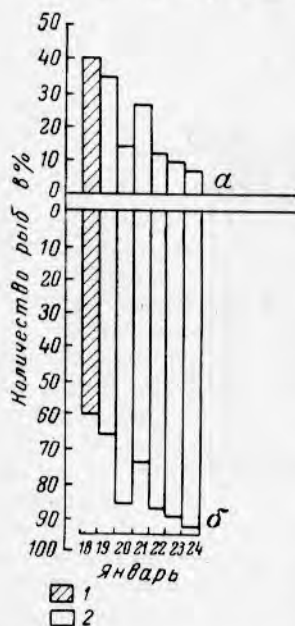


Рис. 6. Реакция верховок на свет при кормлении их в темноте:

а—светлая зона; б—темная зона; 1—до кормления в темноте; 2—при кормлении в темноте.

Наши наблюдения за поведением верховки в темноте показали, что она держится в различных слоях воды рассеянно, совершенно неподвижно, даже не двигая плавниками.

При внезапном появлении слабого света рыбки собирались в стаю и передвигались в определенном направлении. Подобное же явление наблюдали в аквариуме W. Schäfer [35] и F. Jones [33], который указывает, что стайка голяянов распадалась при интенсивности света от 0,024 до 0,0034 лк, близкой к лунному свету¹.

Основываясь на наблюдениях в экспериментальных условиях и в море, можно предположить, что ночью, в темноте, рыба рассредоточивается и отдыхает, оставаясь совершенно неподвижной. С рассветом она снова подкармливается [25, 17], собирается в косяки [5, 31, 30] и, будучи сытой, уходит вглубь. Голодная рыба продолжает блуждать днем в поисках пищи и не опускается на глубину; наоборот, сытая рыба не поднимается к поверхности воды [5, 11].

В наших опытах у сытых верховок оборонительный рефлекс был выражен сильно: зайдя в освещенную зону, они прижимались к дну при повышении голоса, стуке или взмахе руки, собирались в стайку и стремительно уходили в темную зону. У голодных верховок оборонительный рефлекс был слабее, они дольше держались в освещенной зоне, чаще поднимались к поверхности и от громкого голоса или стука не уходили в затемненную зону. У сытой рыбы пищевой центр заторможен и, видимо, усиливается оборонительная реакция («чашка весов», по И. П. Павлову).

У сытой рыбы в отличие от голодной оборонительный рефлекс вызывается рядом раздражителей, в частности светом определенной силы [наши данные, 15, 26, 37 и др.], сетным полотном белого и коричневого цвета [1], контрастно окрашенными предметами [14], крупными предметами [34] и т. п.

В море во время шторма, а также при шуме двигателей судов рыба уходит на глубину [17, 5]. Эти факты свидетельствуют о том, что более глубокие слои воды являются более благоприятными для рыбы, так как здесь нет ветровых волнений, пернатых хищников и морских зверей, нет орудий лова, нет шума двигателей промысловых судов, нет яркого света и т. д., т. е. нет раздражителей, вызывающих у накормленных рыб в верхних слоях воды оборонительную реакцию.

В процессе опускания рыбы в нижние слои воды непосредственное участие принимает плавательный пузырь, который имеют почти все типично планктоноядные костистые пелагические рыбы. Х. С. Коштоянцу и Ф. Д. Василенко [9] удалось показать рецепторную функцию плавательного пузыря и его связь через центральную нервную систему с туловищной мускулатурой, дыхательными мышцами и сердцем.

В. А. Соколов выявил возможность образования двигательных условных рефлексов у карпа на свет различной силы при раздражении плавательного пузыря, причем рефлекс выразился не только в двигательной реакции, но и в снижении внутрипузырного давления.

Лекуанг Лонг [13] экспериментальным путем доказал, что внутрипузырное давление регулируется небольшим участком центральной нервной системы (*tectum opticum*). Раздражение этого участка вызвало сокращение стенок брюшной полости и сокращение плавательного пузыря.

Н. В. Пучков [23] указывает, что рыба с наполненным кишечником легче выбрасывает газ.

Все эти факторы возможно могут оказаться одной из причин опускания планктоноядных рыб в нижние горизонты моря на рассвете, когда плавательный пузырь наполнен газом, кишечник наполнен и ры-

¹ Интенсивность света от полной луны, близкой к зениту, равна 0,2 лк.

ба сыта. При опускании рыбы в нижние горизонты воды наполнение пузыря ослабевает. Горизонт, до которого опускается рыба, определяется зрительным рецептором, плавательным пузырем, а также температурным, кислородным режимом и другими показателями.

Высказанное мнение о причинах утреннего опускания рыб из поверхностных слоев воды требует дополнительных исследований и проверки. Представление И. И. Николаева [20], М. М. Кожова [10], Б. П. Мантейфеля [19] и других исследователей, утверждающих, что ежесуточный уход водных организмов в нижние слои воды — это приспособление, выработанное только под влиянием хищников, безусловно интересное, является все же неполным, так как в действительности эти зависимости, по-видимому, шире.

Когда рыба утром голодна, т. е. у нее возбужден пищевой центр, она не уходит из поверхностных слоев воды, а остается здесь в поисках пищи и не реагирует на хищников, шум двигателей и орудия лова. Это мы наблюдали неоднократно в Черном море при изучении поведения хамсы, кефали и других рыб. Отношение к одному и тому же раздражителю может меняться в течение нескольких часов, о чем и свидетельствуют наши эксперименты.

Анализируя литературные данные об условиях и характере суточных вертикальных миграций планктона, мы пришли к выводу, если не о полном тождестве, то об очень сходных причинах этих миграций у рыб и планктона [5].

По исследованиям С. Н. Скадовского [26], усиление или ослабление окислительных или восстановительных процессов в организме дафний в связи с питанием сопровождается соответствующими изменениями их реакции на свет.

G. Clark [32] установил в экспериментальных условиях, что в среде, богатой пищей, дафнии избегают света. Н. А. Смирнова [27] показала, что дафнии, накормленные при солнечном освещении, направляются в тень.

Исследованиями М. Е. Лобашева и П. Г. Ивановой [16] установлено, что дафнии (*Daphnia magna*) после 24-часового голодания предпочитали быть на свету в отличие от дафний, питавшихся без прерыва. По мнению авторов, это свидетельствует о наличии у ракообразных временных пищевых связей.

М. М. Кожов [10] и А. П. Кусморская [12] пришли к выводу, что сытые рачки не поднимаются к поверхности. Следовательно, можно предположить, что у сытых рачков реакция на вечерний свет, уходящий к поверхности воды, заторможена.

Все эти факты дают возможность предположить, что по мере насыщения рачков в верхних слоях воды изменяется их реакция на свет. После насыщения свет приобретает для них уже не пищевое, а оборонительное значение, заставляя их по мере насыщенности опускаться в более темные и более спокойные слои воды.

Мы лишь схематично представили поведение морских организмов в период откорма. Характер суточных вертикальных миграций зависит также от температурных условий водной среды, от внутренних приливных волн и т. д. Степень влияния этих факторов требует дополнительного изучения.

ВЫВОДЫ

1. Для планктоноядных рыб наступление сумерек является сигналом питания. По мере уменьшения освещенности нижних слоев воды рыбы поднимаются к поверхности и питаются здесь планктоном.

2. Сигнальное значение света при подъеме рыбы в поверхностные слои воды проверено экспериментально на стайной рыбе — верховке (*Leucaspis delineatus* L.). Установлено, что голодные рыбы предпочи-

тают свет, а сытые — темноту. При кормлении верховок исключительно в темноте у голодных рыб затормаживается условный рефлекс на свет, и темнота начинает приобретать сигнальное значение.

3. У сытых верховок в отличие от голодных сильнее выражен оборонительный рефлекс: они избегают света, громкого голоса, стука, взмаха руки и т. д.

4. Учитывая результаты проведенных опытов, а также данные о поведении рыб в море, полученные нами и другими исследователями, можно предположить, что утром сытые рыбы опускаются в нижние слои воды в связи с тем, что эта зона является для них защитой от яркого света, хищников, шума судов, орудий лова, ветровых волнений и многих других раздражителей, к которым они, будучи голодными, относятся безразлично.

На рассвете, когда рыба находится в поверхностных слоях воды, кишечник у нее наполнен пищей, а плавательный пузырь раздут. При опускании рыбы в нижние горизонты воды наполнение пузыря ослабевает. Горизонт, до которого опускается рыба, определяется зрительным рецептором, плавательным пузырем, температурным, кислородным режимом и другими показателями.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Асланова Н. Е., Предварительные данные по изучению реакции рыб на сетное полотно в экспериментальных условиях, Аннотации к работам ВНИРО 1956 г., № 3, 1958.
2. Зуссер С. Г., Критика применения теории тропизмов в изучении поведения рыб, Журнал общей биологии, 1953, т. XIV, № 2.
3. Зуссер С. Г., Суточные вертикальные миграции пелагических рыб, «Рыбное хозяйство», 1956, № 5.
4. Зуссер С. Г., К изучению причин суточных вертикальных миграций рыб, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1956.
5. Зуссер С. Г., Суточные вертикальные миграции пелагических рыб, Труды ВНИРО, т. XXXVI, Пищепромиздат, 1958.
6. Зуссер С. Г. и Соколов Б. С., Методика изучения реакции на свет стайных рыб, Сборник по методике изучения физиологии рыб, АН СССР, 1960.
7. Кашкин Н. И., Суточные вертикальные миграции молоди некоторых видов рыб Таганрогского залива в связи с ее питанием, «Вопросы ихтиологии», вып. 3, 1955.
8. Касимов Р. Ю., Условные и безусловные рефлексы некоторых видов осетровых рыб, Автореферат диссертации, изд-во ЛГУ, 1958.
9. Коштыяц Х. С. и Василенко Ф. Д., О рецепторной функции плавательного пузыря рыб, Физиологический журнал СССР, 1936, № 20, вып. 3.
10. Кожов М. М., Животный мир оз. Байкал, Иркутское обл. изд-во, 1947.
11. Коряков Е. А., Бычкообразные рыбы Байкала, в кн. «Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне оз. Байкал», Иркутское обл. изд-во, 1959.
12. Кусморская А. П., Зоопланктон Черного моря и выедание его промысловыми рыбами, Труды ВНИРО, т. XXVIII, Пищепромиздат, 1954.
13. Лекуанг Лонг, О центральной регуляции функции плавательного пузыря рыб, Физиологический журнал СССР, 1959, т. XV, № 7.
14. Лобас Ю. А., О значении внешних признаков пищи при кормлении молоди лосося и форели, «Рыбное хозяйство», 1959, № 6.
15. Лобашев М. Е. и Савватеев В. Б., Физиология суточного ритма животных, АН СССР, 1959.
16. Лобашев М. Е. и Иванова П. Г., Некоторые закономерности онтогенетической адаптации, ДАН СССР, т. 58, № 1, 1948.
17. Ловенская А. А., Распределение и поведение кильки, «Рыбное хозяйство», 1953, № 12.
18. Ловенская А. А., О реакции кильки на свет, Труды совещания по физиологии рыб, АН СССР, 1958.
19. Мантейфель Б. П., Вертикальные миграции морских организмов, Труды Института морфологии животных им. Северцова, АН СССР, вып. 13, 1960.
20. Николаев И. И., Суточные вертикальные миграции водных организмов, «Природа», 1952, № 3.
21. Привольнев Т. И., Реакция рыбы на свет, «Вопросы ихтиологии», вып. 6, 1956.
22. Приходько Б. И., Реакция каспийской кильки на электрический свет, «Вопросы ихтиологии», вып. 11, 1958.

23. Пучков Н. В., Физиология рыб, Пищепромиздат, 1954.
 24. Радаков Д. В. и Соловьев Б. С., Новый опыт применения подводной лодки для наблюдения за поведением сельди, «Рыбное хозяйство», 1959, № 2.
 25. Сафьянова Т. Е. и Демидов В. Ф., Отношение черноморской хамсы к искусственному свету в период размножения и нагула, Труды Азчерниро, вып. 16, Крымиздат, 1955.
 26. Скадовский С. Н., Об изменении физиологических процессов у водных животных, Ученые записки МГУ, вып. 33, 1939.
 27. Смирнова Н. А., О зависимости фототаксиса некоторых ракообразных от состояния сульфгидрильных групп белковых тел, Зоологический журнал, 1960, т. XXXIX, вып. 7.
 28. Соколов В. А., Условный рефлекс при раздражении плавательного пузыря рыб. Труды Института физиологии им. И. П. Павлова, АН СССР, 1953.
 29. Шубников Д. А., О различной реакции самцов и самок анчоусовидной кильки на электрический свет, Зоологический журнал, 1959, т. XXXVIII, вып. 5.
 30. Breder C., Studies on social groupings in fishes, Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., Vol. 117, 1959.
 31. Dragesund O., Reactions of fish to artificial light with special reference to large herring and spring herring in Norway, J. du Conseil, Vol. 23, 1958.
 32. Clark G., Quantitative aspect of the change of phototropic sign in Daphnia, J. Exp. Biol., Y. IX, N 2, 1932.
 33. Jones F. R. H., The behaviour of minnows in relation to light intensity, J. Exp. Biol., Vol. 33, N 2, 1956.
 34. Meesters H. Über Organisation d. Gesichtsfeldes bei Fischen, Ztschr. für Tierpsychologie, V. 4, 1940.
 35. Schäfer W., Über das Verhalten von Jungheringesschwärmen im Aquarium, Arch. Fischereiwiss., Bd 6, N 5/6, 1955.
 36. Welty J. C., Experiments in group behavior of fishes; a study of the influences of the group on individual behavior, Physiol. zool., vol. 7, pp. 85—128, 1934.
 37. Woodhead P. M. Y., The behaviour of minnows (*Phoxinus phoxinus* L.) in a light gradient, J. Exp. Biol., Vol. 33, N2, 1956.
-

СОДЕРЖАНИЕ

Г. С. Карзинкин, Некоторые итоги и перспективы физиологических исследований в области рыбного хозяйства	3
И. П. Чистякова, Влияние углекислоты на рост личинок осетра и потребление ими кислорода	15
И. Ф. Вельтищева, Проникновение углерода (C^{14}) карбоната из воды и распределение его в теле рыбы	23
И. В. Смелова, Проникновение различных соединений S^{35} из воды в тело рыбы	37
3 Л. К. Фролова, Действие кобальта на некоторые гематологические показатели карпа	48
4 И. А. Шеханова, Некоторые вопросы фосфорного обмена у рыб	60
5 И. Ф. Вельтищева, О возможности количественного учета молоди осетровых в прудах с применением радиоактивных изотопов	78
6 Г. С. Карзинкин, Е. В. Солдатова, И. А. Шеханова, Некоторые итоги массового мечения молоди осетра радиоактивным фосфором	85
7 И. Ф. Вельтищева, Пути увеличения выхода продукции с единицы прудовой площади на осетровых заводах Азербайджана	115
8 И. Ф. Вельтищева, Применение ядохимикатов для борьбы с листогидами раками	135
9 М. П. Богоявленская, Методика массового мечения молоди осетра Ca^{45} через воду	151
10 А. П. Иванов, Выращивание сеголетков карпа на различных кормовых рационах	156
11 М. Н. Кривобок, Зависимость сроков нереста салаки от ее плодовитости	160
12 Н. Е. Асланова, Изучение реакции рыб на сетное полотно	165
13 С. Г. Зуссер, Суточные вертикальные миграции планктоноядных рыб	177

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
Труды ВНИРО, т. XLIV „Вопросы физиологии рыб“

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
100	1-ая снизу	$\delta = \pm 0,09$	$\delta = \pm 0,08$
128	10-ая сверху	Основную	Небольшую
152	4-й абзац снизу, 1—2-ая строка	кальций выводится	кальций быстрее выводится

ТКФ. Зак. 305 тир. 1000