

✓
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
МОСКОВСКАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ имени К. А. ТИМИРЯЗЕВА

На правах рукописи

Валентин Илларионович АНАНЬЕВ

**Влияние условий выращивания
на жировой обмен сеголетков карпа**

(06.02.02 — кормление с.-х. животных)

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

МОСКВА — 1973

Кажош.

Работа выполнена на кафедре прудового рыбоводства Московской ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева.

Научный руководитель — доктор сельскохозяйственных наук заслуженный деятель науки РСФСР профессор Ф. Г. Мартышев.

Официальные оппоненты: Г. Д. Поляков — доктор биологических наук, старший научный сотрудник В. А. Александров — кандидат биологических наук, доцент.

Ведущее учреждение (предприятие) — Институт зоологии и паразитологии АН Литовской ССР.

Автореферат разослан « . . . » 1973 года.

Защита диссертации состоится « . . . » 1973 г. в . . . час. на заседании Ученого совета зоотехнического факультета Московской ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева.

Ваши отзывы и замечания по данному автореферату направляйте по адресу: г. Москва 125008, ул. Тимирязевская, 49, Ученый совет ТСХА. Отзывы, заверенные печатью, просим высылать в двух экземплярах.

Ученый секретарь

ВВЕДЕНИЕ

В целях более полного удовлетворения растущих потребностей населения в продуктах питания, улучшения их качества и ассортимента партией и правительством предусмотрены высокие темпы развития прудового рыбоводства. Для решения поставленной задачи важное значение имеют вопросы совершенствования технологии прудового рыбоводства. При существующей технологии выращивания рыбопосадочного материала прудовые рыбоводные хозяйства несут значительные убытки от высоких отходов молоди рыб в зимний период.

В связи с этим одной из актуальных задач, стоящих перед рыбохозяйственной наукой, является разработка научно обоснованных рекомендаций по выращиванию жизнестойкого рыбопосадочного материала, характеризующегося высокой выживаемостью в период зимовки. Однако неизученность многих вопросов физиологии и биохимии молоди прудовых рыб не позволяет в настоящее время этого сделать. Особое внимание исследователей привлекают вопросы жирового обмена.

В результате многочисленных исследований, связанных с зимовкой молоди карпа, показано значение запасаемого организмом рыбы жира как основного источника энергии. Установлено, что недостаток резервного жира в теле карпа приводит к высоким отходам во время зимовки. В настоящее время обоснованы нормативные показатели по содержанию жира в теле сеголетков карпа, обеспечивающих хорошую выживаемость молоди в этот период (Поляков, 1956, 1958, 1964; Мухина, 1958, 1962 и др.).

По современным представлениям физиологическая роль жиров не исчерпывается только их энергетической ценностью. В ряде исследований, выполненных в основном на теплокровных животных, а также на некоторых видах рыб показано, что входящие в состав молекулы жира (триглицеридов), некоторые полиненасыщенные жирные кислоты — линолевая, линоленовая и арахидоновая — обладают высокой биологической активностью и являются необходимым фактором в питании (Burr и Burr, 1929; Halver, 1957; Nicolaidis и Woodall, 1962;

Центральное научно-исследовательское
рыбоводное хозяйство
им. К. А. Тимирязева

№ А-24982

Higashi с соавторами, 1964, 1966 и др., 1967; Циркова, 1968, 1970).

Кроме полиненасыщенных жирных кислот, вместе с жирами пищи в организм поступает ряд важных биологических веществ — липоидов: холестерин, фосфолипиды, жирорастворимые витамины. Эти вещества принимают активное участие в регуляции жирового обмена и способствуют нормальному функционированию различных систем организма.

Таким образом, не только количество, но и состав поступающих с пищей жиров оказывают влияние на организм животных.

В отношении молоди карпа все исследования по жировому обмену касались, главным образом, количественной динамики изменения резервного жира в связи с его энергетической ролью.

Исходя из сказанного очевидна необходимость всестороннего исследования жирового обмена у карпа на первом году его жизни. Настоящая работа посвящена исследованию качественной стороны жирового обмена у молоди карпа как наименее изученной. В связи с этим в диссертационной работе были поставлены следующие задачи:

1. Установить влияние разного типа корма и условий содержания на изменение качественного состава резервного жира (триглицеридов и других липидов) у сеголетков карпа.

2. Выяснить закономерность динамики изменений состава резервного жира во время длительного зимнего голодания.

3. Исследовать состав липидов различных органов и частей тела первозимующих рыб.

4. Определить, имеется ли взаимосвязь между содержанием полиненасыщенных жирных кислот в резервном жире и зимостойкостью рыбопосадочного материала.

Диссертация объемом 136 страниц машинописного текста состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, выводов, списка цитируемой литературы и включает в себя 6 глав. Материал иллюстрирован 12 рисунками и фотографиями, имеет 22 таблицы. Используемая в диссертационной работе литература представлена 270 первоисточниками, из которых 101 принадлежит зарубежным авторам.

Материал и методика

Материал для исследования выращивался в опытном рыбноводном хозяйстве Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева и экспериментальном рыбноводном хозяйстве «Храпуново» Московской рыбноводно-мелиоративной опытной станции (опыт № 1), рыбхозе «Якоть» Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства (опыты № 2 и № 3).

В качестве контрольных групп использовались сеголетки карпа, которые выращивались на естественной пище при плотностях посадки от 2000 до 50 000 шт/га, и опытных — рыбы, получавшие дополнительно концентрированные корма и содержавшиеся при плотностях посадки от 9000 до 100 000 шт/га. Применялись следующие кормовые смеси.

Таблица 1
Кормовые смеси

№№	Компоненты в %	№№	Компоненты
1.	Куколка тутового шелко- пряда	44	3. Шрот подсолнечниковый . . . 15 Жмых льняной 15 Комбикорм 65 Рыбная мука 5 Всего 100
	Шрот подсолнечниковый	38	
	Жмых льняной	4	
	Отруби пшеничные	10	
	Соевая мука	3	
	Мел	1	
	Всего	100	4. Подсолнечниковый жмых . . . 70 Комбикорм 20 Рыбная мука 5 Гидролизные дрожжи 4 Крахмал 1 Всего 100
2.	Куколка тутового шелко- пряда	35	
	Льняной жмых	15	
	Подсолнечниковый шрот	33	
	Отруби пшеничные	15	
	Мел	2	
		Всего	100

Кормовые смеси № 1 и № 2 содержали сырого протеина 39,8—43,8, жира — 11,5—12,5%, углеводов — 19,6%, кормовая смесь № 3 — сырого протеина 33,0%, жира — 3,4%, углеводов — 37,3%, кормовые смеси № 4 и № 5, соответственно 37,5—38,2, 6,9—7,2 и 27,3—28,8%.

По количеству питательных веществ и составу жирных кислот жиров они подразделялись на белково-жировые с высоким уровнем линоленовой кислоты (кормовые смеси № 1 и № 2), углеводистую смесь № 3 с минимальным содержанием полиненасыщенных жирных кислот и белково-жировые смеси № 4 и № 5 с преобладанием в жирах линолевой кислоты.

В контрольных вариантах рыбы содержались на естественной пище, которая является полноценным белковым кормом со значительным содержанием высокомолекулярных полиеновых кислот с 3—6 двойными связями в молекуле.

В опыте № 1 выращенные сеголетки были использованы для исследования изменчивости качественного состава резервного жира молоди карпа в зависимости от различных условий выращивания и кормления. В опытах № 2 и № 3, наряду с этим, ставилась задача — исследовать изменения в качественном составе запасных жиров в период зимовки, состав липидов различных органов и тканей, выяснить наличие взаимосвязи между составом полиеновых кислот и зимостойкостью молоди карпа.

Физиологически лучше была подготовлена к зимовке рыба из вариантов опыта № 2. Сеголетки карпа имели средний штучный вес, приближающийся к стандарту, и отвечали нормативным требованиям по коэффициенту упитанности, содержанию белка и жира. Рыба в опыте № 3 была ниже по навеске. Вместе с тем по основным физиологическим показателям — содержанию жира и коэффициенту упитанности — сеголетки карпа соответствовали принятым нормативам.

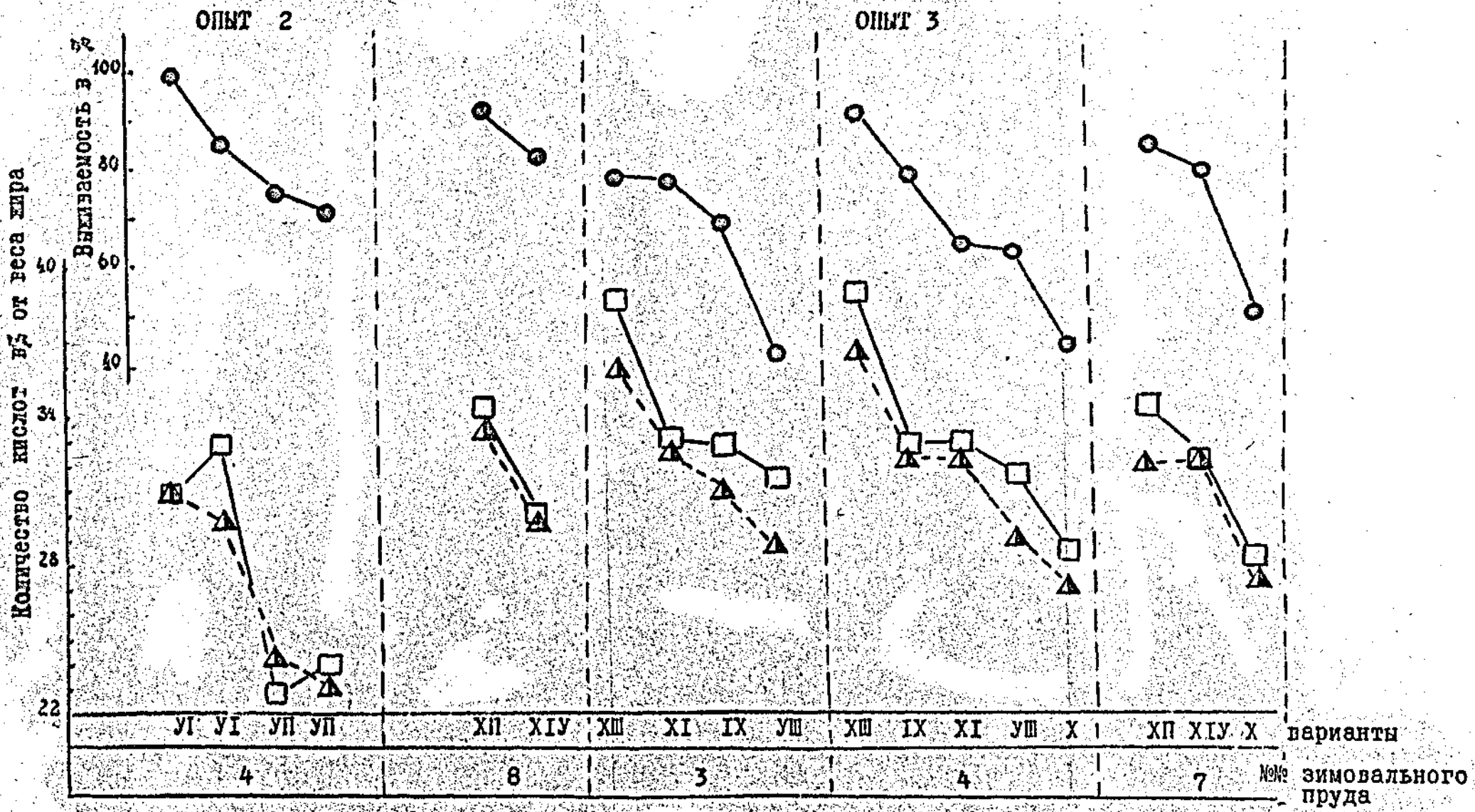
Зимовка подопытного материала проводилась в зимовальных прудах обычной конструкции, с водоснабжением из одного головного пруда. Схема эксперимента предусматривала размещение подопытных групп в зимовальных прудах по методу организованных повторений. Соответствующие контрольные и опытные группы зимовали в одном и том же пруду. Перед посадкой на зимовку сеголетки карпа были предварительно помечены, что дало возможность установить процент отхода рыбы в каждой подопытной группе.

Липиды из целой рыбы, тушки, головы, жировой ткани полости тела (полостной жир) экстрагировали хлороформом методом настаивания, а из печени, крови и желчи смесью хлороформ — метанол (2 : 1 по объему) в соответствии с методикой Фолч (Folch, 1957) в модификации Накаямы и Джонстона (Nakayama, Johnston, 1962), Бауэром с сотрудниками (Bowyer и др., 1963) *.

В выделенной смеси липидов или «сыром жире» определяли йодное число по Ганусу в полумикромодификации Ермакова с соавторами, 1962, и коэффициент преломления на универсальном рефрактометре при 20°C. Исследования содержания и состава полиненасыщенных жирных кислот проводились методом ультрафиолетовой спектрофотометрии (Herb, Riemen-schneider, 1952, 1953; Hammond, Landberg, 1953; Herb, 1955; Holman, 1957; Крылова и Лясковская, 1965 и др.).

В целях анализа фракционного состава выделенной смеси липидов и исследования отдельных фракций применяли методы хроматографии в тонком слое (ХТС) и инфракрасной

* Биохимические исследования проводились нами на кафедре органической химии ТСХА при практической помощи и консультациях сотрудников кафедры.



- — выживаемость рыбы за время зимовки
- — содержание полиненасыщенных жирных кислот в начале зимовки
- △ — то же, но в конце зимовки

спектроскопии. Количество фосфолипидов определяли по наличию фосфора. Исследовали температуру плавления и застывания жира (Зиновьев, 1939). О температуре застывания сравниваемых образцов жира судили по застыванию его при хранении жира при температуре 0—4°C. Теплотворную способность (калорийность) исследуемых жиров определяли сжиганием образцов жира в калориметрической бомбе (Дьяков, 1959; Лукашик и Ташилин, 1965).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Изменения качественного состава резервных жиров сеголетков карпа в зависимости от различных условий выращивания*

Основные результаты исследования качественного состава резервного жира в октябре-ноябре, перед посадкой рыбы в зимовальные пруды показаны в таблице 2.

При кормлении кормовыми смесями № 1 и № 2 резко увеличиваются йодные числа и содержание диеновых и триеновых кислот в запасных жирах рыб из опытных вариантов. Вместе с тем отмечалось преобладание кислот с тремя двойными связями над полиеновыми кислотами, имеющих две двойные связи в молекуле, что характерно для скармливаемых кормовых смесей, в составе которых в большом количестве содержится жир куколки тутового шелкопряда. В качественном отношении жир куколки тутового шелкопряда отличается преобладанием линоленовой кислоты над линолевой, имеющих соответственно три и две двойные связи в молекуле.

Скармливание сеголеткам карпа при нормальной плотности посадки кормовой смеси с низким содержанием жира и большим количеством углеводов приводит (опыт № 2) по сравнению с контрольным вариантом к снижению йодного числа, их запасного жира и уменьшению общего количества полиненасыщенных кислот за счет полиеновых кислот с тремя—шестью двойными связями в молекуле.

В опыте № 3 предполагалось проследить влияние рационов № 4 и № 5 с большим количеством линолевой кислоты.

Из данных таблицы 2 видно, что количество диеновых кислот по сравнению с их содержанием в контроле (вариант VIII) увеличивалось в вариантах IX, XI и XII приблизительно в 2—2,4 раза, а в варианте XIII, где содержание подсолнечникового жмыха в рационе было выше,—в 2,7 раза. Вместе с тем отмечалось снижение количества кислот с тремя—шестью двойными связями. По этой причине йодное число жира у се-

* Здесь и далее в тексте под термином «резервные или запасные жиры» подразумеваются не только собственно жиры или триглицериды, но и сопутствующие им жироподобные вещества (липиды).

Таблица 2

Состав полиненасыщенных жирных кислот резервных жиров сеголетков карпа и характеристика их по степени непредельности (водным числом), коэффициенту преломления в начале опытного периода

Варианты	Коэффициент преломления, $n_{D,20}^20$	Иодное число	Содержание полиненасыщенных жирных кислот в % к весу					
			двено-вые	триено-вые	тетра-еновые	пента-еновые	гекса-еновые	общее содержание
Опыт № 1								
N посадка без кормления								
I контрольный	1,4820	139,8	9,3	7,1	6,6	6,7	4,0	33,7
3N посадка + кормление (кормовая смесь № 1)								
II опытный	1,4760	143,7	12,6	28,8	3,3	1,9	1,4	48,0
N посадка + удобрение								
III контрольный	1,4790	129,5	9,2	6,9	6,8	6,3	3,7	32,9
Разреженная посадка + кормление (кормовая смесь № 2)								
IV опытный	1,4785	145,6	16,5	22,9	5,3	2,8	3,7	51,2
Разреженная посадка без кормления								
V контрольный	1,4830	119,8	15,4	8,0	4,0	3,5	3,9	34,8
Опыт № 2								
N посадка + удобрение								
VI контрольный	1,4785	123,8	10,9	6,1	4,7	5,4	5,0	32,1
N посадка + кормление (кормовая смесь № 3)								
VII опытный	1,4760	108,8	9,2	4,4	3,2	3,5	3,2	23,5
Опыт № 3								
5N посадка без кормления								
VIII контрольный	1,4794	133,6	9,9	6,4	5,8	5,8	3,9	31,8
5N посадка + кормление (кормовая смесь № 4)								
IX опытный	1,4738	102,6	23,8	3,6	2,2	1,8	1,7	33,1
5N посадка + удобрение								
X контрольный	1,4810	127,8	8,4	5,6	5,0	4,5	5,1	28,6

Варианты	Коэффициент преобразования, 1/Р ₂₀	Идентное число	Содержание полиненасыщенных жирных кислот в % к весу						общее содер- жание
			диено- вые	триено- вые	тетра- еновые	пента- еновые	гекса- еновые		
5N посадка+кормление (кормовая смесь № 4)+удобрение									
XI опытный	1,4735	120,7	21,4	4,2	2,9	2,8	1,8	33,1	
10 N посадка+кормление (кормовая смесь № 4)+удобрение									
XII опытный	1,4720	118,6	23,8	4,0	2,6	1,8	1,9	34,1	
10 N посадка+кормление (кормовая смесь № 5)+удобрение									
XIII опытный	1,4760	120,1	27,8	4,6	2,8	1,6	1,8	38,6	
5N посадка+удобрение									
XIV контрольный	1,4810	131,6	8,9	6,4	5,7	5,8	4,4	31,2	

голетков, получавших корма, было несколько ниже, несмотря на большее количество полиеновых кислот.

Во всех случаях кормление приводило к уменьшению содержания полиеновых кислот с четырьмя—шестью двойными связями и более длинной цепью атомов углерода (C₂₀ и C₂₂). Если же в состав жиров кормовой смеси не входила в большом количестве линоленовая кислота, наблюдалось снижение содержания триеновой группы кислот. Наоборот, у сеголетков карпа, выращенных на естественной пище, независимо от плотности посадки или удобрений, запасные жиры характеризовались высоким процентным содержанием кислот с четырьмя—шестью двойными связями в молекуле. Очевидно, естественная пища карпа является основным их источником. Введение в рацион жиров с высоким содержанием линолевой и линоленовой кислот не повышало уровня более ненасыщенных кислот. Таким образом, однолетние карпы в период накопления резервных жиров не способны в сколько-нибудь заметном количестве преобразовать их до более высокомолекулярных и ненасыщенных соединений.

По мнению Ловерна (1953), превалирование одной группы кислот над другими в тканевых липидах может быть следствием перегрузки ферментативных систем организма. Обнаруженную особенность в метаболизме линолевой и линоленовой кислот можно объяснить и взаимным торможением или конкурирующим ингибированием трансформации жирных кислот (Marko и др., 1961; Brenner и Peluffo, 1966; Castor и др., 1966 и т. д.).

Результаты исследования позволяют сделать вывод об алиментарном происхождении большей части полиеновых кислот жира депо однолетнего карпа. Пищевой фактор в основном определяет состав полиненасыщенных жирных кислот запасных жиров.

Влияние других экологических факторов, таких, как плотность посадки или внесение в пруды минеральных и органических удобрений, на качественный состав запасаемых рыбой жиров менее заметно, а действие их проявляется через изменения условий питания.

Анализ данных таблицы 2 и биометрическая обработка их позволили установить, что сеголетки карпа, несмотря на большие различия в условиях выращивания, в контрольных вариантах отличались по сравнению с опытными вариантами меньшей вариабельностью общего содержания и отдельных групп полиеновых кислот. Следовательно, естественная пища независимо от количества отдельных пищевых организмов в рационе, в сумме отвечает пищевым потребностям рыб по содержанию различных групп полиеновых кислот. Это не исключает того обстоятельства, что при неблагоприятных условиях выращивания общее количество их может и не достигать оптимального уровня.

Обнаруженная Поляковым (1958, 1961) более высокая вариабельность признаков и свойств у групп сеголетков карпа, получавших в период выращивания дополнительно концентрированный корм, по сравнению с рыбами, содержащимися только на естественной пище, подтверждается нашими данными.

Значительный размах изменчивости качественного состава депонированных жиров у сеголетков карпа является приспособительным свойством, позволяющим им использовать широкий набор естественных и дополнительно вносимых кормов.

По-видимому, в некоторых случаях эти изменения будут выходить за рамки допустимых отклонений, что может отрицательно сказаться на физиологическом состоянии рыбы в период зимовки.

Методами хроматографии в тонком слое, ИК-спектроскопии показано, что кормление рыбы концентрированными кормами оказывает значительное влияние на фракционный состав резервных липидов. У сеголетков карпа из опытных вариантов уровень содержания триглицеридов в общей сумме извлекаемых липидов был несколько выше. Рыбы, выращенные на естественной пище, имеют меньшее количество триглицеридов, но содержат большее количество фосфолипидов.

Измерение температуры плавления жиров показало, что она более высокая у рыб, получавших дополнительно концентрированный корм в опытах № 2 и № 3 — 7,9—9,8°C, в то вре-

мя как, резервные жиры рыб из контрольных вариантов плавались в интервале 6,8—9,0°C. Запасные жиры рыб из опытных вариантов характеризовались и более высокой температурой застывания.

В опыте № 1 калорийность жиров у рыб, получавших в период выращивания концентрированные корма, была ниже в среднем на 8,6%, а в опыте № 3 — на 3,9%.

Более низкая температура застывания резервных жиров и их более высокая калорийность у молоди карпа, выращенной на естественной пище, могут быть объяснены присутствием значительного количества ненасыщенных и высокомолекулярных соединений.

Кормление рыбы концентрированными кормами приводит к большим изменениям в качественном составе запасных жиров и вследствие этого меняются и их физические свойства.

Депонирование жиров с более высокой температурой застывания и плавления может оказать влияние на адаптационные возможности молоди карпа по отношению к неблагоприятным факторам зимнего содержания и, в первую очередь, действию низких температур.

2. Динамика изменений состава резервного жира во время зимнего голодания

За время зимовки отмечалось небольшое уменьшение степени непредельности жирных кислот. Состав же полиеновых кислот характеризовался определенной стабильностью (таблица 3).

Вопреки ожиданию сглаживание различий между соотношением отдельных групп полиеновых кислот в контрольных и опытных вариантах, в большинстве случаев не наблюдалось. На протяжении всей зимовки рыбы, выращенные на естественной пище и получавшие дополнительно концентрированные корма, сохраняли типичные для них соотношения полиеновых кислот.

За период зимовки суммарное содержание полиеновых кислот резервных жиров в контрольных и опытных вариантах уменьшалось, но очень незначительно. К аналогичному выводу пришел Ловерн (1953), исследовавший процессы мобилизации непредельных кислот из жировых депо голодающих лососей.

С практической точки зрения представляют интерес проведенные нами исследования динамики расходования отдельных групп полиеновых кислот и особенно линолевой и линоленовой, являющихся незаменимыми. В период зимнего голодания запасы линолевой и линоленовой кислот ограничены и не могут быть восполнены эндогенным синтезом. По этой причи-

Таблица 3

Динамика изменчивости состава и общего содержания полиненасыщенных жирных кислот в резервном жире молоди карпа за время зимовки в опытах № 2 и № 3

Полиненасыщенные жирные кислоты	Контрольные группы n=8				Опытные группы n=10			
	M ₁	m ₁	σ	lim ₁	M ₂	m ₂	σ	lim ₂
Диеновые	9,1*	0,25	0,65	8,0—10,1	21,2	2,25	9,09	8,4—28,4
	7,6	0,63	1,67	4,8—9,7	20,4	1,96	5,89	9,4—24,7
Триеновые	6,2	0,24	0,62	4,9—6,9	4,2	0,19	0,58	3,5—5,4
	4,0	0,75	1,99	0,9—6,2	3,7	0,21	0,64	3,0—4,9
Тетраеновые	5,3	0,25	0,65	4,3—6,6	2,7	0,12	0,37	2,2—3,2
	6,4	0,36	0,96	4,9—7,0	3,1	0,21	0,62	2,3—3,9
Пентаеновые	5,6	0,30	0,80	4,4—6,6	2,3	0,28	0,84	1,4—4,1
	6,3	0,30	0,79	5,1—7,1	2,3	0,24	0,71	1,8—3,6
Гексаеновые	4,7	0,28	0,75	3,8—6,1	2,1	0,24	0,71	1,3—3,9
	5,4	0,42	1,11	4,8—8,1	2,1	0,14	0,42	1,4—2,9
Общее содержание	31,0	0,66	1,74	28,5—33,3	32,5	1,74	5,21	22,9—38,7
	29,6	0,64	1,71	27,3—32,5	31,5	1,48	4,45	23,2—36,8

M — среднее арифметическое содержания отдельных групп полиненасыщенных кислот или общего их содержания (в % от веса жира);

m — ошибка средней арифметической;

σ — среднее квадратическое отклонение;

lim — размах вариации содержания отдельных групп полиненасыщенных жирных кислот или общего их количества (в % от веса жира);

n — количество контрольных и опытных групп.

* В числителе приведены данные, полученные в начале зимовки, а в знаменателе — в конце зимнего периода.

не недостаточные резервы указанных кислот могут быть причиной заболевания или даже гибели рыбы вследствие нарушения обменных процессов.

Наши данные показывают, что за период зимнего голодания происходит заметное расходование диеновых и триеновых групп кислот, в состав которых входят главным образом линолевая и линоленовая кислоты. Особенно значительно снижается уровень триеновой группы кислот у рыб, выращенных на естественной пище (до 25,1—53,1% от первоначального уровня). Очевидно, мобилизация линолевой кислоты из жировых депо осуществляется для обеспечения энергетических потребностей организма зимующей рыбы и для синтеза более высокомолекулярных кислот, что подтверждается относительным

повышением количества кислот с четырьмя—шестью двойными связями в молекуле. Сохранение высокомолекулярных полиненасыщенных кислот в период голодания возможно объяснить тем обстоятельством, что они входят в состав фосфолипидов. По литературным сведениям, ненасыщенные кислоты фосфолипидов в незначительной степени подвержены изменениям под воздействием различных экологических факторов. Это обусловлено их особыми функциями веществ, образующих основные клеточные структуры.

В целях уточнения обнаруженных особенностей динамики расходования полиненасыщенных жирных кислот и определения их летального уровня рыбы после зимовки отсаживались в аквариумы, где они содержались до состояния полного истощения. Ниже приводятся результаты исследований.

Таблица 4
Показатели содержания полиненасыщенных жирных кислот при крайнем истощении рыбы (в % от веса жира)

Вариант	Диеновые	Триеновые	Тетра- еновые	Пента- еновые	Гекса- еновые	Общее со- держание	Соотношение групп кислот	
							диено- вые	трие- новые
							трие- новые	тетра- еновые
Опытный *	6,5	1,1	2,5	1,1	2,1	13,3	5,9	0,5
Контрольный *	4,7	1,4	5,3	2,1	3,9	17,3	3,3	0,3

* В качестве опытных были взяты рыбы из варианта XI, а контрольных — из варианта X и XIV.

Из данных таблицы видно, что содержание всех групп полиненасыщенных жирных кислот в общей массе извлекаемых липидов при крайнем истощении молоди карпа резко уменьшается, и особенно кислот с тремя двойными связями в молекуле.

На протяжении всего периода зимовки определяли коэффициент преломления резервного жира у групп рыб из контрольных и опытных вариантов. У рыб, выращенных на естественной пище, отмечалось увеличение коэффициента преломления к исходу зимовки. Интересно отметить, что у молоди карпа, находившейся летом в относительно неблагоприятных условиях питания, повышение величины коэффициента преломления происходило уже в январе (вариант X).

Жиры молоди карпа с высоким значением коэффициента преломления отличались большой вязкостью и имели темный цвет, что указывает на значительные изменения в химическом составе жиров.

Аналогичные изменения наблюдались и у опытных групп

рыб при крайнем истощении при длительном содержании их в условиях аквариумов без кормления.

Очевидно, резкое увеличение коэффициента преломления может свидетельствовать о крайнем истощении зимующей рыбы. Поэтому нам представляется возможным рекомендовать использование этого показателя в рыбохозяйственных исследованиях для характеристики физиологического состояния рыбы.

Методами ХТС и ИК-спектроскопии установлено, что повышение коэффициента преломления резервных жиров у рыбы в контрольных вариантах вызвано изменением в соотношении триглицеридов и жироподобных веществ, а также других сопутствующих веществ. В результате расходования триглицеридов в общей массе извлекаемых из тканей липидов увеличилось количество фосфолипидов. Среди фосфолипидов как в начале, так и в конце опыта преобладали фосфатидилхолины (лецитины).

Относительно высокий уровень фосфолипидов в конце зимовки является, по-видимому, следствием вовлечения в энергетический обмен липопротеиновых комплексов, что происходит в результате ослабления связи между белковой и липидной частями молекулы липопротеинов. У молоди карпа, выращенной в условиях уплотненной посадки без дополнительного кормления и отличающейся недостаточным средним стучным весом (вариант X), использование белковых веществ для энергетических нужд организма происходит уже в середине зимовки. Поэтому для обеспечения высокой жизнестойкости рыб, выращиваемых на естественной пище, необходимо, чтобы они перед посадкой на зимовку имели большее количество белковых веществ, т. е. были более крупными.

3. Изменения в составе липидов тканей и органов зимующей молоди карпа

Проведенными исследованиями показано, что условия питания оказывали значительное влияние на состав липидов, выделенных из различных тканей и органов. Наибольшие изменения отмечались в липидах внутреннего жира, туловища и хвоста, головы. Установлена однотипность качественного состава липидов различных органов и тканей по содержанию отдельных групп полиненасыщенных жирных кислот. К аналогичному выводу пришли Акулин (1969) и Яковлева (1969), изучавшие жирные кислоты липидов печени и мышц скорпены и камчатского лосося-красной.

Вместе с тем в количественном содержании и составе полиеновых кислот липидов из различных частей тела, печени, крови имеются определенные отличия, которые могут быть

объяснены неодинаковой функциональной ролью липидов в отдельных жировых «депо», органах и тканях.

Во всех исследованных тканях и органах рыб, получавших в летний период дополнительные корма, отмечался высокий уровень триглицеридов, в то время как контрольные группы характеризовались более высоким количеством фосфолипидов в общей сумме липидов.

4. Взаимосвязь между содержанием полиненасыщенных жирных кислот в резервном жире молоди карпа и выживаемостью ее за время зимних опытов

Проведенное сопоставление показателей выживаемости рыб в контрольных и опытных вариантах и содержания полиненасыщенных жирных кислот в жировых депо позволило обнаружить наличие определенной связи между ними (см. рис.).

Особенно четко эта взаимосвязь проявляется при сравнении указанных показателей у рыб, находившихся во время зимовки в одном пруду, т. е. в условиях, при которых соблюдена максимальная идентичность содержания подопытных групп. Действительно, во всех пяти зимовальных прудах меньший выход рыб из зимовки отмечался у группы рыб, характеризовавшихся более низким уровнем содержания полиненасыщенных жирных кислот как в начале опытного периода, так и в конце его.

Было показано наличие достоверной и заметной корреляционной зависимости между количеством полиненасыщенных жирных кислот в запасных жирах молоди карпа и ее зимостойкостью в опыте № 3: в начале опыта — $r = +0,64$, $B > 0,95$; в конце — $r = +0,79$, $B > 0,95$. В целом же по всем вариантам опытов № 2 и № 3 коэффициент корреляции был ниже и составил к исходу зимовки $r = +0,46$ ($B = 0,95$); что связано с неодинаковыми условиями выращивания рыбы и ее содержания в зимовальных прудах. Значительная корреляция между сравниваемыми показателями установлена в группах контрольных вариантов опытов № 2 и № 3 в конце зимнего периода — $r = +0,77$, $B > 0,95$.

В наших опытах рыбы как из контрольных, так и из опытных вариантов, несмотря на различие в соотношении отдельных групп полиненасыщенных жирных кислот, при достаточном суммарном содержании их имели, как правило, хорошие показатели по выживаемости. Изменения в определенных пределах в составе полиненасыщенных жирных кислот не влияют отрицательно на зимостойкость рыбопосадочного материала при условии, что общее количество их в резервных липидах достаточно высокое.

Была также прослежена взаимосвязь между количеством диеновой и триеновой группы кислот в резервном жире и зимостойкостью молоди карпа. В состав этих групп кислот входят незаменимые линолевая и линоленовая кислоты, которые не синтезируются в организме рыбы.

Сильная достоверная коррелятивная зависимость между содержанием триеновой группы жирных кислот в резервном жире и показателем зимостойкости была обнаружена у рыб, выращенных на естественной пище ($r = +0,87$; $B > 0,99$ в конце опыта).

Высокая сопряженность между анализируемыми показателями указывает на важную биологическую роль триеновых кислот для обеспечения нормального функционирования органов и различных систем организма рыбы в конце зимовки. Очевидно, отсутствие достаточного количества кислот этого типа является лимитирующим фактором для обеспечения высокой зимостойкости рыбопосадочного материала, выращенного на естественной пище.

Итак, результаты исследований и данные корреляционного анализа свидетельствуют в пользу наличия определенной зависимости между суммарным содержанием в запасных жирах сеголетков карпа полиненасыщенных кислот или групп кислот с двумя—тремя двойными связями в молекуле и их зимостойкостью. В этой связи можно утверждать, что данные о качественном составе резервного жира могут служить индикатором физиологического состояния рыбы в период зимовки.

Выводы

1. Качественный состав резервного жира сеголетков карпа зависит от условий выращивания. Наибольшие различия наблюдались у рыб, выращенных только на естественной пище и при применении концентрированных кормов. Алиментарный фактор оказывает решающее влияние на качественный состав депонируемых жиров.

2. В результате кормления молоди карпа дополнительными кормами происходит уменьшение количества кислот с четырьмя—шестью двойными связями в молекуле, повышение уровня триглицеридов, изменение физико-химических свойств жира. По сравнению с жирами рыб, выращенных на естественной пище, они характеризовались повышенной температурой плавления и застывания, более низкой calorийностью и в большинстве случаев меньшей степенью ненасыщенности.

3. Показана возможность искусственного регулирования физических и химических свойств депонируемого жира путем скармливания различных по качественному составу жиров.

4. Степень ненасыщенности депонированных жиров поддерживается на относительно постоянном уровне в продолже-

нии всего периода зимнего голодания. При этом как в контрольных, так и опытных группах сеголетки сохраняли характерное для них соотношение полиненасыщенных жирных кислот. Вместе с тем суммарное содержание полиеновых кислот уменьшилось, и особенно значительно снижались уровни триеновой группы кислот у рыб, содержавшихся на естественной пище в относительно неблагоприятных условиях питания. Последнее обстоятельство указывает на недостаточность незаменимой линоленовой кислоты в конце периода зимовки.

5. Кормление карпов концентрированными кормами приводит к определенным сдвигам в метаболизме липидов в органах и тканях. Наблюдается накопление триглицеридов в печени, являющейся у молоди карпа естественным депо для резервных жиров.

6. Результаты исследований и данные корреляционного анализа свидетельствуют в пользу наличия определенной взаимосвязи между суммарным содержанием в запасных жирах сеголетков карпа полиненасыщенных кислот или групп кислот с двумя—тремя двойными связями в молекуле и выживаемостью рыбы во время зимовки. Увеличение количества полиненасыщенных жирных кислот благоприятно сказывалось на результатах зимовки.

7. В целях повышения зимостойкости молоди карпа, выращиваемых при плотности посадки 10—100 тыс. шт/га, необходимо повышение уровня полиненасыщенных кислот в запасных жирах за счет увеличения естественной пищи или введения в кормовые смеси жировых добавок или жиросодержащих компонентов с большим количеством указанных кислот: подсолнечниковый жмых, рыбные жиры, препараты высоконепредельных жирных кислот, фосфатиды и т. п.

8. В условиях Московской области максимальное количество жиров рекомендуется включать в рацион сеголетков карпа в конце периода выращивания в августе—сентябре месяце.

9. Температурные условия для зимующих сеголетков карпа с неодинаковым количеством и физико-химическими свойствами запасных жиров должны быть различными. Для сеголетков карпа, имеющих значительные резервы жира с относительно низкой степенью непредельности и соответственно высокой температурой плавления и застывания, более благоприятным будет повышенный температурный режим воды в зимовальных прудах.

10. Данные о качественном составе запасного жира могут служить индикатором физиологического состояния рыбы во время зимовки. Для этого рекомендуется использовать коэффициент преломления, ИК-спектры, данные анализов содержания полиненасыщенных кислот и фракционного (липидного) состава жиров.

По диссертационной теме опубликованы следующие работы:

1. Изменение качественного состава резервного жира у сеголетков карпа в зависимости от различных условий выращивания и кормления. Доклады ТСХА, вып. 110, стр. 281, 1965 г.
2. К вопросу исследования динамики состава высших непредельных жирных кислот у карпа в период зимовки. Доклады ТСХА, вып. 116, стр. 253, 1966 г.
3. Влияние условий выращивания на качественный состав резервного жира однолетнего карпа. Обмен веществ и биохимия рыб, стр. 324. Изд. «Наука», М., 1967 г.
4. Исследование резервных липидов у зимующей молоди карпа. Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, Серия 8, № 3, стр. 22, 1970 г.
5. Методы анализа липидов рыб. ВАСХНИЛ, отделение животноводства, секция рыбоводства, М., 1971 г.

