

На правах рукописи



КОЧЕТОВ Александр Александрович

**СПОСОБЫ НОРМИРОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ
КАРПА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ В ОТКРЫТЫХ
АЭРИРУЕМЫХ ЁМКОСТЯХ**

06. 02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов
животноводства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

1 2 МАР 2012

Краснодар, 2012



005012682

Работа выполнена в Федеральном государственном научном учреждении «Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства» (ФГНУ «ГОСНИОРХ»)

Научный руководитель:
доктор биологических наук

Катасонов Вячеслав Яковлевич

Официальные оппоненты:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Комлацкий Василий Иванович

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Студенцова Наталия Александровна

Ведущая организация:

Ассоциация «Государственно-кооперативное объединение рыбного хозяйства» («ГКО Росрыбхоз»)

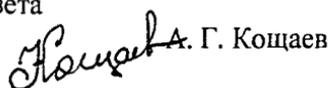
Защита состоится 22 марта в 11 часов на заседании диссертационного совета Д. 220.038.01 при ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина 13, в ауд.117 ЗИФ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» на сайтах

www.kubsau.ru и www.vak.ed.gov.ru

Автореферат диссертации разослан 20 февраля 2012г.

Учёный секретарь диссертационного совета
доктор биологических наук, профессор

 Г. Г. Кошаев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Транспортировка живой рыбы является важнейшей технологической операцией, которая возникает при пересадке рыб из одного водоема в другой внутри хозяйства, а также при доставке живой рыбы к месту реализации.

Большое значение имеют межхозяйственные перевозки рыбопосадочного материала. Многие хозяйства не имеют собственного рыбопосадочного материала и вынуждены завозить его «со стороны». Перевозка рыб необходима также при зарыблении естественных водоемов. В последние годы широкое распространение получило зарыбление водоёмов для целей спортивно-любительского рыболовства и т.д. Всё большие масштабы приобретает доставка товарной рыбы из одного региона в другой на большие расстояния.

С учётом принципиальных отличий, существующие способы транспортировки рыб разделяются на 3 основных категории: 1) в открытых (негерметических) ёмкостях без аэрации, 2) в герметических закрытых ёмкостях с кислородом и 3) в открытых (негерметических) ёмкостях с аэрацией.

Транспортировка в открытых аэрируемых ёмкостях, обеспеченных постоянной подачей в воду сжатого воздуха или кислорода, является основным способом доставки промышленных партий живой рыбы. На сегодняшний день не существует современных научно-обоснованных норм плотности посадки рыб при транспортировке в открытых аэрируемых емкостях; объем загружаемой рыбы устанавливается рыбводами самостоятельно, что приводит к серьезным ошибкам. В связи с этим разработка оптимальных норм загрузки рыбы в аэрируемые емкости является актуальной.

Цель исследований – разработать основные способы нормирования плотности посадки рыб при транспортировке в открытых аэрируемых ёмкостях. Для реализации цели были решены *следующие задачи*:

- выявить показатели (тесты) для определения предельно допустимого уровня плотности посадки при транспортировке рыб;

- определить зависимость плотности посадки от основных технологических факторов: температуры воды, величины (штучной массы) рыб, длительности транспортировки;
- с учётом выявленных закономерностей разработать технологически оптимальные нормы загрузки карпа в живорыбные ёмкости.

Научная новизна исследований. Впервые разработаны способы нормирования плотности посадки рыб при транспортировке в открытых аэрируемых ёмкостях. Установлено, что при достаточной концентрации кислорода в воде основным фактором, лимитирующим плотность посадки рыб, является накопление в воде аммонийного азота. Учитывая этот показатель, определена зависимость норм плотности посадки рыб от температуры воды, величины средней массы рыб, длительности их транспортировки.

Практическая значимость работы. Рассчитаны значения коэффициентов, используемых при расчёте норм загрузки живой рыбы в аэрируемые транспортные ёмкости в зависимости от условий транспортировки. Разработаны нормы плотности посадки при транспортировке карпа.

Основные положения, выносимые на защиту:

- использование в качестве теста уровня растворенного в воде аммонийного азота при определении предельной загрузки в транспортные ёмкости;
- установленные зависимости нормы плотности посадки рыб от технологических факторов: температуры воды, средней массы рыб, длительности транспортировки;
- нормы плотности посадки карпа в транспортные ёмкости;
- экономическая эффективность применения разработанных норм плотности посадки карпа при перевозке.

Апробация работы. Основные материалы исследований представлены на научно-практическом семинаре «Пути повышения эффективности сельскохозяйственного рыбоводства» (г. Семикаракорск, Ростовская обл., 17 мая 2010 г), заседании Научно-

консультативного совета по пресноводной аквакультуре ФГУ «Межведомственная Ихтиологическая комиссия» (г. Москва, 20 марта 2011 г), заседании правления ассоциации ГКО «Росрыбхоз» (г. Москва, 21 июня, 2011 г), совещании «Развитие аквакультуры юга России: результаты, проблемы, перспективы» (г. Сочи, 28 сентября 2011 г), II съезде NACEE (сеть центров по аквакультуре Центральной и восточной Европы, г. Кишинев, 17-19 октября 2011 г).

Публикации результатов исследований. По теме диссертации автором опубликовано 6 научных статей, в том числе 2 в изданиях, рекомендуемых ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 115 страницах машинописного текста. Состоит из введения, обзора литературы, материала и методики исследований, результатов собственных исследований, экономической эффективности результатов исследований, выводов, предложений производству, списка литературы и приложения. Включает 41 таблицу и 6 рисунков. Список литературы включает 90 источников, в том числе 25 на иностранных языках.

1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлась рыба разного вида: карп, форель, гибриды белого и пёстрого толстолобиков, белый амур, щука, серебряный карась.

Рыба содержалась в аквариумах объемом 40 л с аэрацией и без аэрации воды. В опытах с аэрацией воду насыщали кислородом с помощью микро-компрессора или путём подачи кислорода из баллона. Подогрев воды до необходимой температуры осуществляли с помощью специальных нагревателей с контактным термометром.

Всего было выполнено 53 опыта, в которых использовано 1062 экз. рыб с массой от 25 до 1300 г. При проведении экспериментов измеряли температуру воды в аквариумах, активную реакцию среды (рН), содержание в воде кислорода и азотистых веществ - аммонийного азота (Намм) и нитритов (NO₂), а так же определяли интенсивность дыхания рыб.

Схема исследований представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема исследований

Измерение температуры воды, рН и кислорода осуществляли с помощью приборов: термооксиметра (марка «OxyScan») и рН-метра («pНer вu HANNA»). Содержание аммонийного азота и нитритов определяли стандартными методами гидрохимического анализа (РД 52.24.486-95,1995; ПНД Ф 14.1-2.3-95, 1995). Интенсивность дыхания у рыб устанавливали, подсчитывая число движений жаберных крышек.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Методы тестирования предельно допустимой плотности посадки рыб

В задачи исследований входило выявление показателей, которые можно использовать в качестве тестов при определении предельно допустимого (технологического) уровня плотности посадки при перевозке рыб в открытых ёмкостях.

На двухлетках карпа массой в пределах 700-900 г выполнено 2 серии опытов. В одной из них имитировали транспортировку рыб без аэрации, в другой воду в аквариумах аэрировали с помощью компрессора.

Проведено 5 опытов по содержанию карпа в неаэрируемых аквариумах. Рыб содержали в аквариумах до тех пор, пока они не начинали входить в стрессовое состояние (таблица 1).

Таблица 1 - Данные опытов по содержанию карпа в аквариумах без аэрации

№ опыта	Число повторностей	Плотность посадки рыб, кг/м ³	Температура воды, °С	Продолжительность опыта, час*	Интенсивность дыхания, раз/мин.	
					в начале опыта	в конце опыта
1	1	92	14,6	220	54	41
2	1	100	18,6	140	67	33
3	2	120	19,3	180	80	13
4	3	75	19,6	210	64	31
5	3	70	19,0	190	75	16
среднее					68	27

Примечание: *время до появления особей с признаками стресса

Сразу же после посадки рыб содержание кислорода в воде аквариумов начинало быстро снижаться. При падении его концентрации до 0,5-0,3мг/л рыбы стали входить в стрессовое

состояние – ложиться на бок и переворачиваться. При этом у них резко снижалась интенсивность дыхания (до 13-16 дыхательных движений в минуту), после чего наблюдалась гибель рыб.

В следующей серии опытов уровень концентрации кислорода в воде аквариумов поддерживали на оптимальном уровне (6-8 мг/л и выше).

Выполнено 6 опытов, пять из которых (№ 1-5) проведены в зимний период и один (№ 6) – после летнего нагула рыб.

Состояние рыб, как и в предыдущей серии опытов, оценивали по наличию среди них стрессированных особей, а также с учетом изменений частоты дыхания (таблица 2).

Таблица 2 -Результаты опытов по содержанию карпа в аквариумах с аэрацией

№ и вариант опыта	Плотность посадки рыб, кг/м ³	Средняя температура воды, °С	Продолжительность - ность опытов, час	Содержание в воде, мг/л*		Интенсивность дыхания, раз/мин	
				нитритов	аммонийного азота	в начале опыта	в конце опыта
1	350	18	9,2	-	-	60	25
2	240	20	45	-	-	71	28
3	200	20	23	-	23,4	59	27
4	309	22	20	0,06	20,5	59	33
5	212	20	22	0,08	29,6	82	15
6-1	95	21	29	-	11,3	72	48
6-2	200	21	29	-	33,4	94	58
6-3	255	21	29	-	41,0	94	40
среднее						74	34

Примечание: *в конце опыта

В первом опыте с плотностью посадки – 350 кг/м³ уже через 9 часов у рыб наблюдалось стрессовое состояние. В опыте 4, при плотности посадки рыб 309 кг/м³, признаки стресса стали проявляться только через 20 часов. В остальных опытах рыбы

находились в нормальном состоянии еще более длительное время – 22 часа и выше.

В опыте 6 было 3 варианта с различной плотностью посадки. Рыб содержали в аквариумах в течение 29 часов. Несмотря на относительно длительный период выдерживания, во всех трёх вариантах состояние рыб до конца опыта было удовлетворительным. Интенсивность дыхания к концу их выдерживания снизилась, но не так сильно, как это отмечалось в предыдущих опытах.

Из гидрохимических показателей наиболее изменчивым оказалось содержание в воде аммонийного азота (Намм), которое постепенно повышалось: с 0,6-0,8 мг/л в начале опытов до 33-41 мг/л в конце.

Установлено, что концентрация аммонийного азота зависит от величины плотности посадки рыб в аквариумах: при увеличении плотности посадки рыб с 95 до 250 кг/м³ содержание аммонийного азота увеличивается в 3,6 раза.

Характерно, что в трех вариантах опыта № 6 рыбы с самого начала имели более высокую интенсивность дыхания (72 - 94 раз /мин, против 59 – 82 раз/мин в зимних опытах). Более замедленное дыхание рыб в зимних опытах, возможно, являлось следствием проявления стресса, связанного с большой разницей температуры воды при содержании рыб до опытов и в опытный период.

В процессе выдерживания рыб отмечено повышение содержания в воде нитритов. Однако изменения этого показателя оказались несущественными, что делает его менее подходящим для тестирования условий среды.

2.2 Определение предельно допустимого уровня концентрации содержания в воде аммонийного азота

Перед постановкой опытов в воду аквариумов приливали определённый объём раствора хлористого аммония, создавая тем самым различную концентрацию аммонийного азота. Концентрацию кислорода в воде поддерживали на оптимальном уровне.

После 10-часового выдерживания определили число выживших и погибших рыб, а также наличие особей с нарушенной

координацией движения. Данные исследования выполнены на двухлетках и на сеголетках карпа.

В опытах на двухлетках средней массой 900 г были испытаны 4 варианта, различающихся по концентрации изучаемого вещества (таблица 3).

Таблица 3 - Устойчивость двухлетков карпа к содержанию в воде аммонийного азота

№ вари- анта	Концентрац ия аммонийног о азота, мг/л	Число рыб в опыте ,шт.	Число погибших рыб, шт.		Число рыб с нарушенной координацией, шт.	
			опыт	опыт	опыт1	опыт 2
			1	2		
1	60	3	0	0	0	0
2	90	3	0	0	1	1
3	120	3	0	0	2	1
4	180	3	3	3	-	-

В первом варианте, при концентрации аммонийного азота 60 мг/л все рыбы до конца опыта находились в нормальном состоянии. Во втором и третьем вариантах часть рыб оказалась в стрессовом состоянии, в то время как при более высокой концентрации (180мг/л) все рыбы погибли.

На сеголетках карпа средней массой 27г были испытаны 4 варианта с содержанием в воде аммонийного азота 70, 95, 120 и 170мг/л (таблица 4).

Таблица 4 - Устойчивость сеголетков карпа к содержанию в воде аммонийного азота

Показатель	Варианты опыта			
	1	2	3	4
Концентрация аммонийного азота, мг/л	70	95	120	170
Количество рыб в опыте, экз.	10	10	10	10
Количество сохранившихся рыб, экз.	4	0	0	0

В первом варианте опыта, при концентрации аммонийного азота 70 мг/л сохранилось 40% особей, в то время как в остальных трёх вариантах наблюдалась гибель всех рыб.

На основании результатов проведённых исследований установлено, что при содержании рыб в условиях достаточной аэрации в качестве основного показателя состояния среды может служить накопление в воде аммонийного азота. Для двухлетков карпа его критический уровень находится в пределах 60-70 мг/л. Однако у ослабленных рыб он может существенно снижаться: до 30 мг/л и ниже. При его превышении, как и при дефиците кислорода, у рыб существенно замедляется ритм дыхания, теряется координация движения с дальнейшей их гибелью. Установлено, что сеголетки карпа менее устойчивы к аммонийному азоту, чем двухлетки.

Другие гидрохимические показатели (содержание в воде нитритов, рН среды) оказались менее подходящими для использования в качестве теста.

2.3. Зависимость норм плотности посадки рыб от технологических факторов

На величину технологически оптимальной (предельно допустимой) плотности посадки влияет ряд факторов. Экспериментальная проверка всех возможных их сочетаний практически не возможна. Мы пришли к выводу, что целесообразно выразить влияние каждого из них в виде определённых коэффициентов. Произведением коэффициентов можно определить совокупное действие факторов (К):

$$K = K_T \times K_M \times K_{\text{Т}} \times K_B, \text{ где:} \quad (\text{уравнение 1})$$

K_T - коэффициент, учитывающий влияние температуры воды;

K_M - коэффициент, учитывающий массу рыб;

$K_{\text{Т}}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность транспортировки;

K_B – коэффициент, учитывающий видовую принадлежность рыб.

При определении коэффициентов по каждому фактору учитывали интенсивность выделения рыбами и накопления в воде аммонийного азота.

Температура воды

Для определения влияния температуры воды было поставлено несколько аквариумных опытов с двухлетками карпа. Перед опытами рыб адаптировали к соответствующей температуре, затем высаживали в аквариумы с прудовой водой. Опыты проводили в аэрируемых (с помощью компрессора) и неаэрируемых аквариумах.

Проведено 15 опытов по выдерживанию карпа в аквариумах без аэрации при температуре воды в пределах от 4,8° до 26,3°С (таблица 5).

Таблица 5 - Результаты опытов по выдерживанию рыб без аэрации

№ опыта	Температура воды, °С	Общая масса рыб, кг	Объём воды, л	Содержание в воде кислорода, время, часы				
				0	0,5	1	2	3
1	4,8	2,70	20	10,2	7,9	6,1	3,3	1,7
2	5,8	3,16	20	8,2	4,7	1,2	0,2	0,1
3	10,7	2,56	20	9,5	5,4	1,2	0,2	0,1
4	10,9	2,95	25	10,2	7,9	5,2	3,6	1,9
5	14,2	2,78	30	7,6	3,8	2,5	2,2	2,1
6	15,1	3,23	25	10,2	5,8	3,5	1,5	0,6
7	15,7	3,10	20	10,3	4,1	1,5	0,5	1,3
8	18,6	3,02	30	6,0	2,7	2,3	2,1	-
9	19,6	2,74	20	8,1	2,5	1,1	0,6	0,2
10	19,7	2,46	20	9,0	3,0	1,5	0,4	0,3
11	20,0	2,40	20	9,0	3,0	1,5	0,4	0,3
12	20,0	2,75	20	8,4	3,9	1,3	0,7	0,6
13	20,1	2,62	20	9,3	3,2	1,4	0,4	-
14	20,1	2,85	25	8,2	2,6	0,9	0,2	-
15	26,3	2,68	20	10,4	2,4	0,8	-	-

С повышением температуры воды интенсивность потребления карпом кислорода возрастала, и, соответственно, быстрее достигался его критический уровень. При содержании кислорода ниже 1 мг/л у рыб проявились признаки стресса: замедление дыхания и нарушение координации движений.

В опытах по выдерживанию рыб в аэрируемых аквариумах содержание в воде кислорода поддерживали на оптимальном уровне: в основном выше 6-7мг/л. Показателем, свидетельствующим о состоянии условий среды, служила концентрация растворённого в воде аммонийного азота (таблица 6).

Таблица 6 - Содержание в воде аммонийного азота (Намм) при выдерживании карпа в аэрируемых аквариумах при разной температуре воды.

№ опыта	Температура воды, °С	Объём воды, л	Общая масса рыб, кг	Время выдерживания рыб, час Концентрация аммонийного азота (мг/л)					
				0	1	3	5	10	22
1	25,5	20	6,28	0,67	3,7	8,2	11,4	23,4	
2	25,3	20	5,84	0,91	4,8	10,9	17,5	29,5	
3	22,2	20	6,18	0,60	1,90	10,3	9,9	19,4	
4	19,5	20	4,24	0,43	3,6	5,8	9,8	15,4	29,3
5	19,5	20	5,93	0,91	6,7	8,1	9,9	23,1	39,9
6	19,5	20	5,74	0,67	2,5	6,3	9,7	17,6	32,7
7	15,8	20	6,26	0,95	3,9	6,0	9,8	13,8	
8	15,7	20	5,48	0,51	1,01	2,62	5,70	16,8	
9	15,2	20	6,24	0,67	3,8	5,3	8,0	13,4	28,5
10	15,0	15	8,30	0,65		7,1	10,1	15,5	37,8
11	10,1	20	5,36	0,51	0,87	1,48	9,42		
12	9,6	15	8,15	0,65	5,3		9,1	8,0	21,5
13	5,3	20	5,8	0,51	2,10	2,60	3,86		
14	5,1	15	8,40	0,65			5,85	6,80	12,9

Как и следовало ожидать, скорость накопления в воде выделяемого рыбами аммонийного азота зависела непосредственно от температуры воды. Особенно чёткая, высоко достоверная корреляция ($r = 0,91$, $P = \text{более } 99,9\%$) проявилась после выдерживания рыб более 10 часов.

Зависимость величины накопления в воде аммонийного азота от температуры воды выражается при этом следующим уравнением:

$$\text{Намм} = -0,1225 + 0,9820 t \quad (\text{уравнение 2})$$

Данные таблицы 6 использованы для расчета теоретических значений скорости накопления в воде аммонийного азота (таблица 7).

Таблица 7 - Скорость накопления в воде аммонийного азота в зависимости от температуры воды (выдерживание рыб в течение 10ч).

Температура воды, °С	Объём воды, л	Общая масса рыб ($M_{\text{общ}}$), кг	Концентрация аммонийного азота, мг/л		Скорость накопления в воде аммонийного азота ($I_{\text{Намм.}}$)*, мг/кг час
			в начале опыта $\text{Намм.}_{(0)}$	через 10 часов $\text{Намм.}_{(10)}$	
25,5	20	6,28	0,67	23,4	7,24
25,3	20	5,84	0,91	29,5	9,79
22,2	20	6,18	0,60	19,4	6,08
19,5	20	4,24	0,43	15,4	7,06
19,5	20	5,93	0,91	23,1	7,48
19,5	20	5,74	0,67	17,6	5,90
15,8	20	6,26	0,95	13,8	4,11
15,7	20	5,48	0,51	16,8	5,95
15,2	20	6,24	0,67	13,4	4,08
15,0	15	8,30	0,65	15,5	2,68
9,6	15	8,15	0,65	8,0	1,35
5,1	15	8,40	0,65	6,8	1,10

Примечание: *Значения $I_{N(\text{амм})}$ рассчитаны по уравнению 3:

$$I_{N(\text{амм})} = (\text{Намм.}_{10} - \text{Намм.}_0) \times V / (M_{\text{общ}} \times T), \text{ где: (уравнение 3)}$$

T – время выдерживания рыб - 10 часов.

В результате регрессионного анализа данных таблицы 7 определена зависимость интенсивности выделения рыбами аммонийного азота ($I_{N(\text{амм})}$, мг/кг ч) от температуры воды (t , °С), описываемая экспоненциальным уравнением:

$$I_{N(\text{амм})} = 0,694 \times \exp(0,1067 \times t) \quad (\text{уравнение 4})$$

С использованием уравнения 4 рассчитаны теоретические величины интенсивности выделения рыбами аммонийного азота при определённых значениях температуры воды (от 5 до 26°C), которые использованы для определения относительных (по сравнению с интенсивностью выделения аммонийного азота при 18°C) коэффициентов - K_t (таблица 8).

Таблица 8 - Расчет значений температурного коэффициента с учётом интенсивности выделения аммонийного азота

Температура воды, °С	Интенсивность выделения аммонийного азота, мг/кг ч	Температурный коэффициент (K_t)*, ед.
6	1,316	3,60
7	1,465	3,23
8	1,630	2,91
9	1,813	2,61
10	2,017	2,35
11	2,244	2,11
12	2,497	1,90
13	2,778	1,70
14	3,091	1,53
15	3,439	1,38
16	3,826	1,24
17	4,257	1,11
18	4,737	1,00
19	5,270	0,90
20	5,863	0,81
21	6,524	0,76
22	7,258	0,65
23	8,075	0,59
24	8,985	0,53
25	9,996	0,47
26	11,122	0,43

Примечание: *при 18°C K_t принят равным 1.

Значение массы рыб

На карпе проведено 2 опыта по определению влияния штучной массы рыб от 24,5 до 1318 г на интенсивность выделения аммонийного азота.

Мы использовали уравнение, описывающее связь между массой рыб (M , г) и интенсивностью выделения ими аммонийного азота, ($I_{N(\text{амм})}$, мг/кг ч):

$$I_{N(\text{амм})} = 16,68 - 3,973 \times \log_{10}(M), \quad (\text{уравнение 5})$$

Были рассчитаны теоретические величины $I_{N(\text{амм})}$, соответствующие определённым значениям средней массы рыб (рисунок 2).

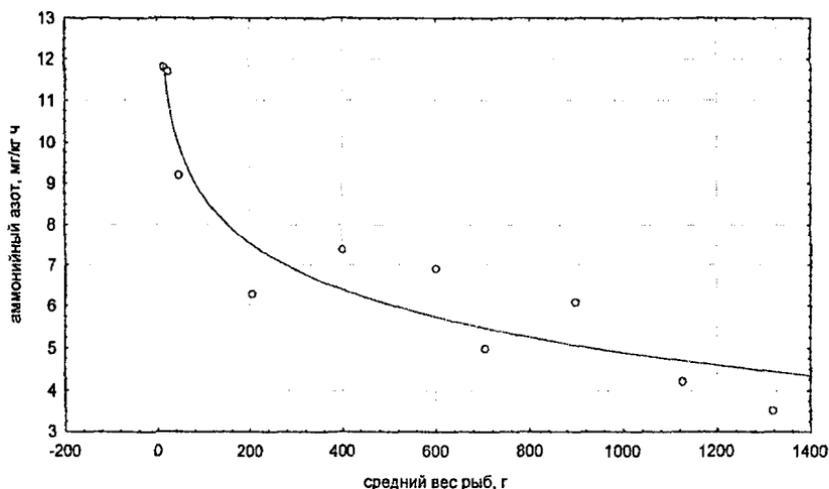


Рисунок 2. Интенсивность выделения аммонийного азота ($I_{N(\text{амм})}$) карпами с различной массой

Приняв для рыб массой 500г величину $I_{N(\text{амм})}$ равной 1, определили её относительные значения (коэффициент K_M) для других весовых групп (таблица 9).

Таблица 9 - Расчет значений коэффициента K_M , с учетом интенсивности выделения аммонийного азота

Масса рыб, г	20	30	50	70	100	300	500*	700	1000	1500
$I_{\text{амм}}$, мг/кг ч	11,3	10,7	9,8	9,3	8,7	6,9	6,0	5,5	4,9	4,2
K_M , ед.	0,52	0,55	0,60	0,64	0,68	0,87	1,00	1,11	1,25	1,47

Примечание: *для рыб средней массой 500г K_M принят равным 1.

Продолжительность транспортировки

В таблице 10 даны значения концентрации аммонийного азота N(амм) в воде аквариумов после определённого времени выдерживания рыб.

Таблица 10 - Концентрация аммонийного азота после различного периода выдерживания двухлетков карпа в аквариумах

Время выдерживания рыб, час	0	1	3	5	10	13	16	22
Содержание аммонийного азота, мг/л	0,7	3,3	6,2	9,3	16,9	24,6	21,5	28,9

В результате регрессионного анализа полученных данных установлена зависимость концентрации аммонийного азота в воде (Намм, мг/л) от времени выдерживания рыб (Т, час), выраженная следующим уравнением:

$$\text{Намм} = 2,52 + 1,30 \times T \quad (\text{уравнение 6})$$

С использованием уравнения 6 рассчитаны значения концентрации аммонийного азота через определённое время выдерживания рыб и через них определён коэффициент K_T (таблица 11).

Таблица 11 - Расчет коэффициента, определяющего зависимость нормы плотности посадки от продолжительности транспортировки рыб (K_T).

Продолжительность транспортировки, час	5	7	10	12	15	18	20*	24	28	36
Концентрация аммонийного азота, мг/л	9,0	11,6	15,5	18,2	22,1	26,0	28,6	33,8	39,0	49,4
K_T *	3,16	2,45	1,84	1,57	1,30	1,10	1,00	0,85	0,73	0,58

Примечание: *при продолжительности транспортировки 20 часов коэффициент K_T равен 1.

2.4. Определение базовой плотности посадки карпа

При определении технологической плотности посадки (Р) необходимо иметь данные по её значениям при определенных «базовых» условиях (Р'). Практически удобно в качестве «базовых» принимать условия, при которых каждый из технологических коэффициентов будет равен 1. Норма плотности посадки при конкретных условиях транспортировки при этом может быть рассчитана по уравнению 7:

$$P = P' \times K, \text{ где:} \quad (\text{уравнение 7})$$

К – коэффициент совокупного действия технологических факторов, определяемый по уравнению 1.

Опыты по определению базовой плотности посадки проведены в аэрируемых аквариумах на трёхлетках карпа средней массой 1000 г при температуре воды 18°C и длительности выдерживания рыб 20 ч. После завершения опытов учитывали число сохранившихся рыб (таблица 12).

Таблица 12 - Данные исследований по определению базовой плотности посадки карпа

№ опыта	Вариант опыта	Количество рыб, шт	Общая масса рыб, кг	Плотность посадки, кг/м ³	Содержание аммонийного азота, мг/л	Число сохранившихся рыб, %
1	1	4	4,2	280	46,9	100
	2	6	6,0	400	38,3	100
	3	7	7,7	510	46,3	100
	4	9	9,4	630	51,2	0
2	1	3	2,85	285	42,7	100
	2	4	3,87	387	52,9	100
	3	5	4,95	495	68,1	100
	4	7	6,45	645	71,5	86
	5	8	6,94	694	81,2	62

Как следует из данной таблицы, максимальная плотность посадки карпа средней массой 1000 г не должна превышать 500 кг/м³. С целью приведения полученных значений к базовым условиям (при которых средний вес рыб должен быть равен 500 г) необходимо введение соответствующего поправочного коэффициента (см. табл. 9), который при средней массе рыб 1000 г равен 1,25ед. В соответствии с этим значение базовой плотности посадки (P') для карпа составляет:

$$P' = 500 / 1,25 = 400 \text{ кг/м}^3$$

С учётом определённых значений норм плотности посадки (P), можно рассчитать массу загружаемой в транспортную ёмкость рыбы (B, кг):

$$B = P / (P + 1000) \times V \times 1000, \text{ где:}$$

(уравнение 8)

P – плотность посадки рыб (кг на 1 м³ воды);

V – объём транспортной ёмкости (м³)

2.5. Видовые особенности рыб

Проведено несколько опытов по совместному (опыты 1, 2 и 3) и раздельному (опыты 4 и 5) содержанию в аквариумах разных видов рыб.

Первые два опыта проведены на сеголетках трёх видов рыб средней массой: карпа 24 г, белого амура 20 г и гибридах белого и пёстрого толстолобиков 98 г (таблица 13).

Таблица 13 - Сохранность рыб разных видов при совместном содержании в аквариумах (опыты 1 и 2)

№ опыта *	Плотность посадки рыб, кг/м ³	Температура воды, °С	Время выдерживания рыб, час	Гибель рыб, шт. (%)		
				карп	белый амур	толстолобик
1**	140	14,5	4	2(20%)	3(30%)	4(40%)
2***	420	15,6	12	13(43%)	9(30%)	13(43%)
итога				15(38%)	12(30%)	17(42%)

Примечание: *опыт 1 – без аэрации, опыт 2 – с аэрацией воды; ** каждого вида было посажено по 10 рыб; *** по каждому виду было посажено по 30 рыб

Из исследованных видов наименее устойчивым оказался толстолобик.

В таблице 14 представлена сравнительная сохранность совместно выдерживаемых (в пяти аквариумах) 3-х групп рыб: карпа (средней массой 900г), щуки (350г) и серебряного караса (30г).

К концу опыта, после 24-часового выдерживания рыб, концентрация аммонийного азота достигла в среднем по 5-ти аквариумам 56,5 мг/л. К этому времени все щуки погибли, что свидетельствует об их низкой устойчивости. Причём гибель этих рыб началась очень рано (через 4 – 6 ч после начала опыта). Основная часть карпа погибла лишь после 22 часов. Сохранность караса до конца опыта была самая высокая (таблица 14).

Таблица 14 - Сохранность разных видов рыб (опыт 3).

Время выдерживания рыб, час	Гибель рыб, шт. (%)		
	карп	щука	карась
4	-	1	-
6	-	2	-
10	-	-	-
14	-	2	-
16	-	1	-
20	1	3	-
22	2	1	-
24	11	-	4
итого	14 (93 %)*	10 (100%)*	4 (8%)*

*общее количество рыб при посадке в аквариумы: карп -15 шт., щука – 10 шт., карась – 50 шт.

Основной целью следующих двух экспериментов, проведённых при раздельном содержании разных видов рыб, было сравнение их по интенсивности накопления в воде аммонийного азота. Для обеспечения сравнимости полученных экспериментальных данных они были откорректированы с учётом разной температуры воды в аквариумах и средней массы участвующих в опытах рыб (таблица 15).

Таблица 15 - Результаты опыта по определению технологической нормы плотности посадки разных видов рыб (раздельное содержание рыб)

Виды рыб	№ опыта	Температура воды, °С	Ср. масса рыб, г	Поправочные коэффициенты, ед.		Интенсивность выделения рыбами аммонийного азота, мг/кг ч	
				на температуру (K ₁)	на массу рыб (K _М)	экспериментальные данные (X)	откорректированные значения (X')*
Карп	4	16	24	1,24	0,58	13,9	10,0
	5	15	493	1,38	0,99	7,5	10,2
Амур	4	16	20	1,24	0,57	5,6	4,0
Толстолобик	4	16	68	1,24	0,68	7,1	6,0
Щука	5	15	348	1,38	0,92	6,8	8,6
Форель	5	15	434	1,38	0,97	7,2	9,6

Примечание: *X' = X × K₁ × K_М. Значения K₁ и K_М - см. табл.8 и 9

Наибольшая интенсивность выделения аммонийного азота оказалась у карпа и форели, наименьшая - у белого амура. Относительно высокие значения этого показателя у форели, очевидно, были связаны с высокой её активностью в период проведения опытов.

Можно было бы предположить, что чем выше значение этого показателя, тем более интенсивно происходит загрязнение воды и, следовательно, тем меньше должна быть плотность посадки рыб, что не всегда соответствует реальной действительности. Наряду с интенсивностью выделения подопытными рыбами продуктов жизнедеятельности, большое значение имеет степень их устойчивости к загрязнению. Исходя из многолетних наблюдений, известно, что наиболее устойчивы к загрязнению водной среды

являются карась и карп, наименее устойчивы – форель и щука. Остальные виды занимают промежуточное положение.

С учетом полученных экспериментальных данных, а также на основании анализа литературных сведений и собственного практического опыта мы полагаем, что при определении технологической нормы плотности посадки следует принимать следующие ориентировочные значения видового коэффициента (K_B): карась – 1,5, карп – 1,0, белый амур – 0,9, гибрид толстолобиков – 0,8, щука – 0,6, форель – 0,5 ед.

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

При производственной проверке разработанных норм загрузки карпа в транспортные ёмкости, проведённой в ООО «Рыболовецкий колхоз им. И. В. Абрамова» (Ростовская обл.), получено снижение транспортных расходов по сравнению с ранее применяемыми в хозяйстве нормами на 31%. С учетом планируемой хозяйством поставки в 2012 г в г. Москва и Санкт-Петербург 1400 т товарного карпа ожидаемый экономический эффект составляет 2,96 млн. руб. в год.

ВЫВОДЫ

1. Основным фактором, лимитирующим плотность посадки рыб при транспортировке в открытых аэрируемых ёмкостях является накопление растворённого в воде аммонийного азота, выделяемого рыбами. Критический уровень аммонийного азота для товарного карпа находится в зависимости от условий транспортировки и состояния рыбы, в пределах 30-70 мг/л. При его превышении у рыб существенно замедляется ритм дыхания, они теряют координацию движения и погибают.

2. Зависимость интенсивности выделения карпом аммонийного азота ($I_{амм}$, мг/кг ч) от температуры воды и величины массы рыб выражается следующими уравнениями:

- зависимость от температуры ($t^{\circ}C$,):

$$I_{Намм(t)} = 0,694 \times \exp(0,1067 \times t)$$

- зависимость от величины штучной массы рыб (M , г):

$$I_{Намм(M)} = 16,68 - 3,973 \times \log 10(M),$$

3. Уровень концентрации аммонийного азота в воде ($N_{амм}$, мг/л) в зависимости от продолжительности транспортировки рыб (T , час), выражается уравнением:

$$N_{амм} = 2,52 + 1,30 \times T$$

4. Установлены значения коэффициентов (K), определяющих влияние на величину предельно допустимой плотности посадки рыб технологических факторов: температуры (K_t), величины штучной массы (K_M) и длительности транспортировки (K_T).

5. С учётом технологических коэффициентов величина плотности посадки (P , кг/м³) рассчитывается по уравнению: $P = P' \times K$, где: P' – базовая плотность посадки, K – коэффициент, учитывающий совокупное действие технологических факторов ($K = K_M \times K_t \times K_T$).

6. Для карпа средней массой 500 г при температуре 18°C и длительности транспортировки 20 часов базовая плотность посадки (P') составляет 400 кг/м³.

7. Коэффициент, учитывающий видовую принадлежность рыб (K_v), ориентировочно равен: для серебряного карася 1,5, карпа - 1,0, белого амура - 0,9, гибридов толстолобиков - 0,8, щуки - 0,6, форели - 0,5ед.

8. Использование разработанных технологических норм плотности посадки карпа позволяет снизить транспортные расходы на 25-30%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью экономии транспортных расходов и обеспечения высокой сохранности перевозимых рыб необходимо соблюдать разработанные нормы плотности посадки рыб, учитывающие комплекс технологических факторов: температуру воды, штучную массу рыб, длительность транспортировки.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

*Список работ, опубликованных в изданиях
рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ*

1. Катасонов В. Я., **Кочетов А. А.**, Складов В. Я. Плотность посадки живой рыбы при транспортировке. *Сообщение 1*. Разработка тестов для определения максимально допустимой загрузки рыб в транспортные ёмкости //Труды Кубанского государственного аграрного университета. -2011. С. 131-133

2 . Катасонов В. Я., **Кочетов А. А.** Плотность посадки живой рыбы при транспортировке. *Сообщение 2*. Зависимость норм плотности посадки от технологических факторов. //Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. С. 142-147

Список работ, опубликованных в других изданиях

3. Катасонов В. Я., **Кочетов А. А.**, Воробьев Д. В. Транспортировка развивающейся икры карпа в пластиковых контейнерах // Рыбоводство. 2009. №1. С. 32-33.

4. **Кочетов А. А.**, Катасонов В. Я., Гмыря И. Ф. Технические средства и способы транспортировки живой рыбы. //Сб. научн. тр. ВНИИПРХ /Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры . М. : Из-во ФГУП ВНИИПРХ. 2011. Вып. 86. С. 116-125.

5. Катасонов В. Я., **Кочетов А. А.** Нормирование плотности посадки живой рыбы при транспортировке в контейнерах в зависимости от температуры.// Аквакультура Центральной и Восточной Европы. Кишинёв 2011. С.108-110.

6. **Кочетов А. А.** Нормы загрузки рыб в транспортные ёмкости в зависимости от температуры.//Рыбоводство.2011. № 3-4. С.47-48.

Подписано к печати 17.02.2012 г.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ № 146

Отпечатано в типографии Кубанского ГАУ
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13