ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АКВАКУЛЬТУРЫ

МОСКВА 2021

УДК 639
ББК 47.2
П27

П27 Перспективные технологии аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 18 – 19 мая 2021 г). – М.: Издательство «Перо», 2021. – 259 с. – 4,39 МБ [Электронное издание]. – Систем. требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit). – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-00189-434-6

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции с международным участием ««Перспективные технологии аквакульту-ры»» проходившей в г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 18 – 19 мая 2021 г в рамках выставки «AGROS expo 2021» (1 CD диск)

УДК 639
ББК 47.2
ISBN 978-5-00189-434-6
© Авторы статей, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Ахмеджанова А.Б., Пономарев С.В., Федоровых Ю.В., Левина О.А., Нгуен Тхи Хонг Ван Некоторые особенности эмбрионального и постэмбрионального развития осетровых рыб…….. 9

Балашов Д.А., Ковалев К.В., Виноградов Е.В., Лукин Н.С., Зингис И.В. Влияние инъекции жирных кислот на репродуктивные свойства самок сибирского осетра…….. 14

Бахирева М.С., Никифоров А.И. Национальные особенности государственной поддержки аквакультуры в странах Арктического региона…….. 22

Воронова Г.П., Таврыкина О.М., Литвинова А.Г., Ракач С.И., Павлович Д.С. Эффективность применения отходов крахмального производства (мезги картофельной) в качестве органического удобрения в нагульных прудах…….. 30

Ерискин А. Е., Розумная Л.А. Альгофлора реки Черная Московской области…….. 38

Жаравин Н.А., **Никифоров А.И.** Экологические риски садковой аквакультуры и методы их снижения…… 46

Жигилева О.Н., Селюков А.Г., Мельничук А.Д., Матасова Д.А. Мониторинг и сохранение генетического полиморфизма сиговых рыб при искусственном воспроизводстве…….. 51

Закари Мибуро, Буторе Жозеф, Мунянеза Наполеон, Ахмеджанова А.Б. Выращивание нильской тиляпии (*Oreochromis Niloticus*) на предприятии Республики Бурунди, с использованием корма местного производства ……..…….. 58

Иванёха Е.В., Дума Л.Н. Полиморфизм микросателлитных локусов у волжского сазана……... 63

Исаев Д.А., Мартынова М.Ю. Сперма осетровых рыб: «бегунки» и «долгожители»…….…… 68

Камелов А.К. Состояние и перспективы развития аквакультуры в Казахстане (на примере Атырауской области)……... 77

Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Докина О.Б. Опыт применения криконсервированной спермы в товарном рыбоводстве……... 81

Ковалева А.В., Пономарева Е.Н., Григорьев В.А., Гераскин П.П., Сорокина М.Н. Действие витаминно-минеральной добавки Е-селен на рост и развитие стерляди при выращивании в УЗВ……. 92

Козлов А.В. Создание безубыточных рыбоводных фермерских хозяйств…….. 98

Костоусов В.Г., Гиряев А.С. Об оценке эффективности ведения рыболовного хозяйства…… 107

Котегов Б.Г. Опыт аквариумного выращивания сеголетков речного окуня *Perca fluviatilis* L. И плотвы *Rutilus rutilus* L. в воде с разной минерализацией и содержанием главных катионов…….. 116

Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н., Дегтярик С.М. Физиологическое состояние карпа при использовании в рационе сухой зерновой послеспиртовой барды ……. 127

Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н. Влияние разных доз сухой зерновой послеспиртовой барды на рост карпа……. 133

Литвиненко А.В., Гринберг Е.В., Копылова Р.Ю. Использование продукционного потенциала Курильских озер для подращивания молоди тихоокеанских лососей……... 139

Макаханюк Ж.С., Зубкова В.М., Розумная Л.А. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях реки Ходца в зависимости от их гранулометрического состава …… 148

Меньшикова Л.А., Клыков Р.В., Данилова Е.А. Воспроизводство сибирского осетра (*Acipenser Baerii)* на ТОСП «Белоярский рыбоводный завод» Енисейского филиала ФГБУ «Главрыбвод»…… 156

Никифоров А.И., Белая В.А. Эвриала устрашающая (Euryale ferox) – перспективный объект пресноводной фитоаквакультуры…… 159

Петров А.С., Есавкин Ю.И., Буряков Н.П., Ковалев Е.А. Выращивание тиляпии на кормах с различным уровнем ввода белкового концентрата «Агро-Матик»…….. 166

Петров А.С., Небера Е.А., Бардюгов Н.С. Содержание токсичных элементов в тиляпии, выращенной на кормах с использованием белкового концентрата «Агро-Матик»…….. 170

Пырсиков А.С., Петров А.С., Есавкин Ю.И., Буряков Н.П. Аминокислотный состав мышечной ткани тиляпий, выращенных на кормах с использованием белкового концентрата «Агро-Матик»…… 173

Романова Н.Н., Головин П.П., Вишторская А.А. О применении органических красителей для антипаразитарных обработок рыб в аквакультуре: современный взгляд……. 176

Савичева Е.А., Сергеева Т.А. Сравнительная характеристика физиолого-биохимических показателей сеголетков и годовиков амурского сазана……... 186

Сенникова В.Д., Сергеев А.В. Гидробиологический режим прудов, используемых под выращивание сеголетков щуки……... 195

Сенникова В.Д., Сергеев А.В., Сакович Ю.И., Хомич А.С. Функционирование гидробиоценозов прудов, питаемых водами сбросных каналов Березовской ГРЭС……. 203

Серветник Г.Е. Биологические основы акклиматизации растительноядных рыб в России – перспективных объектов для интеграционных технологий……... 209

Симонов В.М., Виноградов Е.В. Технология ранней оценки продуктивности потомства сибирского осетра…… 213

Гринберг Е.В., Литвиненко А.В. Обзор приемов предупреждения триходиноносительства у молоди тихоокеанских лососей в условиях их искусственного разведения…… 218

Мустаев С.Б. Общая концепция создания и функционирования искусственных рыбоводных систем: от прудовых до УЗВ…… 223

Тренклер И.В., Шишанова Е.И. Современное состояние и перспективы пастбищной марикультуры……. 233

CONTENTS

Akhmedzhanova A.B., Ponomarev S.V., Fedorovykh Yu.V., Levina O.A., Nguyen Thi Hong Wan Some features of embryonic and postembryonic development of sturgeon fish…….. 9

Balashov D.A., Kovalev K.V., Vinogradov E.V., Lukin N.S., Zingis I B. Effect of fatty acid treatment on reproductive properties of siberian sturgeon females…… 14

Bakhireva M.S., Nikiforov A.I. National features of state aquaculture support in the countries of the Arctic region…… 22

Voronova G.P., Tavrykina O.M., Litvinova A.G., Rakach S.I., Pavlovich D.S. Effect of starch production waste (potato pulp) using as organic fertilizer in feeding ponds…….. 30

Eriskin A.E., Rozumnaya L A. Algoflora of the Black river in the Moscow region…….. 38

Zharavin N.A., Nikiforov A.I. Environmental risks of cage aquaculture and methods of their reduction……. 46

Zhigileva O.N., Selyukov A.G., Melnichuk A.D., Matasova D.A. Monitoring and preservation of genetic polymorphism of sig fish under artificial reproduction……. 51

Zacharie Miburo, Butore Joseph, Munyaneza Napoleon, Akhmedzhanova A.B. Cultivation of the nile tilapia (Oreochromis Niloticus) at the enterprise of the Republic of Burundi, using locally produced feed……. 58

Ivanekha E.V., Duma L.N. Polymorphism of volga carp microsatellite loci… 63

Isaev D.A., Martynova M.Yu. Sturgeon fish sperm: «runners» and «long-livers»……. 68

Kamelov A.K. State and prospects of aquaculture development in Kazakhstan (on the example of Atyrau region)…….. 77

Kovalev K.V., Pronina N.D., Dokina O.B. Experience of application of cryopreserved sperm in industrial fish-farming…… 81

Kovaleva A.V., Ponomareva E.N., Grigoriev V.A., Geraskin P.P., Sorokina M.N. The effect of vitamin and mineral supplement E-selenium on the growth and development of sterlet when grown in recirculation systems….. 92

Kozlov A.V. Establishment of vehicle fishing farm farms……. 98

Kostousov V.G., Giryaev A.S. On evalution of the efficiency of the fisheries 107

Kotegov B.G. Experience of aquarium cultivation of European perch *Perca fluviatilis* L. And roach *Rutilus rutilus* (L.) fry in water with different mineralization and content of major cations…….. 116

Koshak Zn.V., Hadlevkaya N.N., Dzjahtsiaryk S.M. Physiological condition of carp when using dry grain post-alcoholed bard in the diet…… 127

Koshak Zn.V., Hadlevkaya N.N. Influence of different doses of dry grain after-alcoholic bard on carp growth …….. 133

Litvinenko A.V., Grinberg E.V., Kopylova R.Yu. Use of the production potential of the Kuril lakes for growing young pacific salmon……. 139

Makakhaniuk Z. S., Zubkova V. M., Rozumnaya L.A. Content of heavy metals in bottom sediments of the Hodza river depending on their granulometric composition……. 148

Menshikova L.A., Klikov R.V., Danilova E.A. Reproduction of the siberian sturgeon *(Acipenser Baerii)* at the Beloyarsk fish cultural plant of the Yenisei branch of FSBI «Glavrybwod»…….. 156

Nikiforov A.I., Belaya V.A. Euryale ferox, a promising freshwater phytoaquaculture target…….. 159

Petrov A.S., Esavkin Y.I., Buryakov N.P., Kovalev E.A. Cultivation of tilapia on feed with different levels of input of protein concentrate «Agro-Matic»…….. 166

Petrov A.S., Neber E.A., Bardyugov N.S. The content of toxic elements in tilapia grown on feed using protein concentrate «Agro-Matic»……. 170

Pyrsikov A.S., Petrov A.S., Esavkin Y.I., Buryakov N.P. Amino acid composition of the muscle tissue of tilapia grown on feed using the protein concentrate «Agro-Matic»…….. 173

Romanova N.N., Golovin P.P., Vishtorskaya A.A. On the use of organic dyes for antiparasitic treatment of fish in the aquaculture: current view…… 176

Savitcheva E.A., Sergeeva T.A. Comparative characteristics of physiological and biochemical parameters of fingerling and yearlings of the amur carp…….. 186

Sennikova V.D., Sergeev A.V. Hydrobiological regime of ponds used for cultivation of pike underyearlings…….. 195

Sennikova V.D., Sergeev A.V., Sakovich Yu.I., Khomich A.S. Functioning of hydrobiocenoses of ponds supplied by water discharge channels of Berezovskaya state district power station……... 203

Servetnik G.E. Biological bases of acclimatization of herbivorous fish in Russia-promising objects for integration technologies…….. 209

Simonov V.M., Vinogradov E.V. Technology for early assessment of the productivity of siberian sturgeon offspring……. 213

Grinberg E.V., Litvinenko A.V. Review of techniques for preventing trichodin-bearing in juvenile pacific salmon in the conditions of their artificial breeding…….. 218

Mustaev S.B. General conception of creating and operation for artifisial fish-cultural systems: from ponds to recirculating fish-cultural systems…….. 223

Trenkler I.V., Shishanova E.I. Contemporary state and perspectives of sea-ranching…… 233

УДК 639.371/.374

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭМБРИОНАЛЬНОГО И ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

Ахмеджанова А.Б.[1], Пономарев С.В.[1], Федоровых Ю.В.[1], Левина О.А.[1], Нгуен Тхи Хонг Ван[2]

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Астраханский государственный технический университет», Федеральное агентство по рыболовству,
[2] Вьетнамская академия наук и технологий

SOME FEATURES OF EMBRYONIC AND POSTEMBRYONIC DEVELOPMENT OF STURGEON FISH

Akhmedzhanova A.B., Ponomarev S.V., Fedorovykh Yu.V., Levina O.A., Nguyen Thi Hong Wan

Резюме. *При заводском воспроизводстве осетровых рыб их развитие от получения оплодотворенных яиц до выпуска в пруды личинок находятся под контролем рыбовода. От условий развития зародышей (в инкубационных аппаратах) и предличинок в выростных сооружениях зависит успех рыбоводного процесса. Поэтому очень важно уметь правильно оценить влияние этих условий на зародышей и предличинок. В настоящее время искусственное воспроизводство ценных видов рыб стало неотъемлемым, а в ряде случаев единственным источником пополнения запасов их природных популяций. В результате, оценка качества получаемого потомства осетровых рыб является существенной составляющей процесса воспроизводства, выступающей показателем качества получаемой продукции. В данной работе представлены результаты изучения эмбрионального и постэмбрионального развития потомства полученного от диких и доместицированных самок русского осетра, проводимой на Сергиевском осетровом рыбоводном заводе, в Каспийском филиале ФГБУ «Главрыбвод».*

Ключевые слова: *осетровые рыбы, репродуктивная икра, эмбрионы, личинки, аномалии.*

Summary. *In the factory reproduction of sturgeon fish, their development from obtaining fertilized eggs to releasing larvae into ponds is under the control of the fish breeder. The success of the fish-breeding process depends on the conditions of the development of the embryos (in incubation devices) and the pre-larvae in the outgrowth structures. Therefore, it is very important to be able to correctly assess the impact of these conditions on the embryos and pre-larvae. Currently, artificial reproduction of valuable fish species has become an integral, and in some cases the only source of*

replenishment of their natural populations. As a result, the assessment of the quality of the resulting offspring of sturgeon fish is an essential component of the reproduction process, which acts as an indicator of the quality of the resulting products. This paper presents the results of the study of embryonic and postembryonic development of offspring obtained from wild and domesticated females of the Russian sturgeon, conducted at the Sergiev Sturgeon Fish Hatchery, in the Caspian branch of the Federal State Budgetary Institution "Glavrybvod".

Key words: *sturgeon fish, reproductive eggs, embryos, larvae, anomalies*.

Одна из основных задач оптимизации искусственного воспроизводства осетровых рыб с использованием маточных стад – получение морфологически и функционально полноценного потомства. В связи с этим проведены исследования потомства полученного от «диких» и доместицированных самок русского осетра. Исследования проводились на базе Сергиевского и осетрового рыбоводного завода Каспийского филиала ФГБУ «Главрыбвод». Объектом исследования послужили: репродуктивная икра и личинки, полученные от «диких» и доместицированных самок русского осетра. Оплодотворяемость икры определяли на стадии четырёх бластомеров. Размерно-массовые показатели определяли по общепринятой методике [Правдин, 1966]. Аномалии эмбрионов изучали по рекомендациям [Детлаф и др., 1981].

Известно, что после вылупления личинки осетровых рыб относительно изолированы от внешней среды, в частности, за счёт эндогенного питания и кожного дыхания. Поэтому, такие неблагоприятные факторы, как перепад температуры воды, кислорода, pH и т.д., в меньшей мере оказывают негативное влияние на жизнестойкость выклюнувшихся личинок в сравнении с более поздними стадиями их развития [Лукьяненко и др., 1984; Кокоза, 2004]. В частности, согласно имеющимся литературным данным, резкое снижение жизнестойкости личинок к повреждающим факторам водной среды наступает примерно на 3–4-е сутки после вылупления и продолжается вплоть до полного перехода на внешнее питание, то есть примерно до 15–20-дневного возраста. В наших экспериментах, инкубацию оплодотворенной икры выполняли в управляемом температурном режиме. Продолжительность эмбриогенеза потомства, полученного от «диких» и доместицированных самок, оказалась сходной (14 суток при температуре 14–16,5°С). В таблице 1 представлены сводные данные по эмбриогенезу русского осетра от «диких» и доместицированных самок.

Таблица 1 - Размерные показатели эмбрионов полученных от «диких» и доместицированных самок русского осетра

Стадии развития эмбрионов	Размеры, мм	
	Вертикальный	Горизонтальный
От «диких» самок русского осетра		
До оплодотворения	3,42 ±0,03	3,1±0,02
После оплодотворения	3,59±0,01	3,33±0,05
Дробление	3,61±0,03	3,35±0,02
Гаструляция	3,68±0,01	3,47±0,01
Вылупление	3,77±0,01	3,62±0,01
От доместицированных самок русского осетра		
До оплодотворения	3,42±0,03	3,05±0,02
После оплодотворения	3,52±0,03	3,34±0,01
Дробление	3,58±0,02	3,36±0,01
Гаструляция	3,66±0,01	3,44±0,04
Вылупление	3,76±0,02	3,61±0,03

По всем показателям между группами нет достоверной разницы. Выживаемость эмбрионов на этапе перехода на экзогенное питание у потомства, полученного от «диких» самок, составила 87,5 %. У потомства, полученного от доместицированных самок выживаемость составила 75,0 %.

При изучении морфометрических показателей личинок, полученных от «диких» и доместицированных самок и перешедших на экзогенное питание, прослеживается тенденция, что более крупные личинки, перешедшие на экзогенное питание, получены от диких самок ($p<0,05$) (табл. 2).

Таблица 2 - Показатели личинок, полученных от «диких» и доместицированных самок русского осетра

Показатели	От «диких» самок		От доместицированных самок	
	на стадии выклева	на этапе активного питания	на стадии выклева	на этапе активного питания
Длина личинок, мм	12,4±1,1	16,7±0,14	11,03±0,1	16,3±0,2
Размер желточного мешка, мм	3,01±0,02	1,95±0,02	2,57±0,6	1,89±0,01
Постанальное расстояние, мм	3,75±0,03	7,9±0,1	3,68±0,8	7,35±0,02
Стадии развития	37	44	37	44

Другие морфологические показатели, такие как постанальное расстояние, расстояние от хорды до края желточного мешка, были величинами одного порядка (p>0,05).

Необходимо было также выяснить количественные показатели аномальных эмбрионов. Из литературных данных известно, что наиболее типичными аномалиями развивающихся эмбрионов являются – нарушение процесса дробления, в основном, неравномерное деление бластомеров [Детлаф и др., 1981].

Количество аномально развивающихся эмбрионов было изучено на разных этапах развития при выращивании личинок в условиях управляемого термического режима водной среды (рис. 1). Доля аномальных эмбрионов на этапе дробления от «диких» и доместицированных самок составило 2,1 и 3,2 % соответственно. На этапе гаструляции количество аномальных эмбрионов от доместицированных самок была выше в 2,1 раза, чем от потомства, полученного от «диких» самок. В данном случае у большинства эмбрионов, нарушением гаструляции являлось торможение гаструляционных перемещений в результате чего, происходила остановка развития, гаструляция не заканчивалась, нервная пластинка не образовывалась. Такие зародыши погибали.

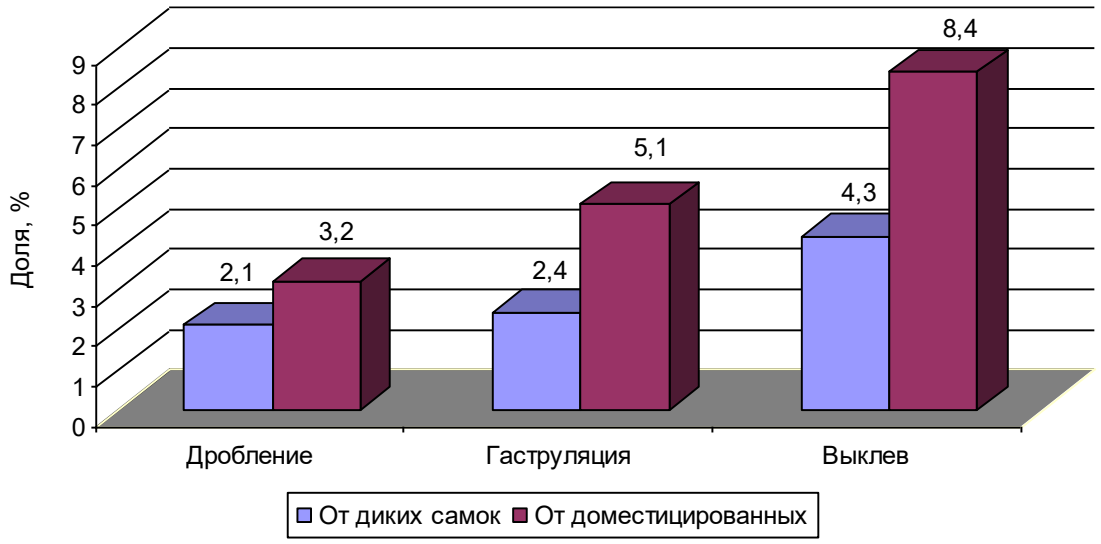


Рисунок – 1 Количественные показатели аномально развивающихся эмбрионов от «диких» и доместицированных производителей русского осетра

Количество аномальных эмбрионов на этапе выклева от доместицированных самок составило 8,4 %, что почти в 2 раза выше показателя полученного от «диких» самок.

Анализ результатов инкубации оплодотворенной икры показал, что разнокачественность потомства проявляется уже на ранних стадиях развития, усиливаясь с возрастом. По нашему мнению, различные условия выращивания самок русского осетра, обусловили их разный морфофункциональный статус

и в конечном итоге привели к различной жизнестойкости потомства на разных этапах эмбрионального и раннего постэмбрионального развития.

Обобщая особенности эмбрионального и раннего постэмбрионального этапов развития, можно отметить следующее: у «диких» самок русского осетра ооциты, эмбрионы, а также личинки на этапах выклева и после перехода экзогенное питание характеризуются лучшими показателями в сравнении с доместицированными. На это указывает высокий процент выживаемости на этапе активного питания, а так же доля аномальных эмбрионов которая оказалась ниже у потомства полученных от «диких» самок.

Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации № МК-158.2021.5.

Список литературы

1. Детлаф, Т.А. Развитие осетровых рыб / Т.А. Детлаф, А.С. Гинзбург, О.И. Шмальгаузен. - Москва: Наука, 1981. - 224 с.
2. Кокоза, А. А. Искусственное воспроизводство осетровых рыб / А. А. Кокоза. - Астрахань: АГТУ, 2004. – 208 с.
3. Лукьяненко, В.И. Возрастно-весовой стандарт заводской молоди каспийских осетровых / В.И. Лукьяненко, Р.Ю. Касимов, А.А. Кокоза. – Волгоград: Пищевая промышленность, 1984. – 229 с.
4. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. - Москва: Пищевая промышленность, 1966. - 376 с.

УДК 639.3.034

ВЛИЯНИЕ ИНЪЕКЦИИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ СВОЙСТВА САМОК СИБИРСКОГО ОСЕТРА

Балашов Д.А., Ковалев К.В., Виноградов Е.В., Лукин Н.С., Зингис И.В.
Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИРО («ВНИИПРХ»)
balashofff@gmail.com

EFFECT OF FATTY ACID TREATMENT ON REPRODUCTIVE PROPERTIES OF SIBERIAN STURGEON FEMALES

Balashov D.A., Kovalev K.V., Vinogradov E.V., Lukin N.S., Zingis I B.

Резюме. *В настоящей работе описано влияние внутрибрюшинной инъекции полиненасыщенных жирных кислот на репродуктивные качества самок сибирского осетра с разной продолжительностью зимовки. Оплодотворение и выход личинок был достоверно выше у инъецированных самок. Также показано, что контролировать состояние гамет можно по доле овулировавших изолированных фолликулов, инкубируемых в растворе Рингера in vitro. Более того, выявлена положительная связь между процентом овуляции фолликулов in vitro и оплодотворением, и выходом личинок при заводском воспроизводстве (in vivo).*

Ключевые слова: *сибирский осетр, жирные кислоты, инкубация фолликулов in vitro, овуляция, воспроизводство*

Summary. *Present work describes the effect of intraperitoneal injection of polyunsaturated fatty acids on the reproductive qualities of Siberian sturgeon females after 30 and 60 days of exposure to the treatment in the hibernating state. Fertilization and the hatching of larvae were significantly higher in the group of the treated females. It has also been shown that the state of gametes could be monitored by the part of ovulation of isolated follicles incubated in Ringer's solution in vitro. Moreover, found a positive relationship between the percent of ovulation of follicles in vitro and fertilization and the larvae release in vivo.*

Key words: *Siberian sturgeon, fatty acids, incubation of follicles in vitro, ovulation, reproduction*

Введение

В последние годы на осетровых хозяйствах, занимающихся воспроизводством сибирского осетра, наблюдается ухудшение рыбоводного качества икры, в результате рыбоводы вынуждены отбирать для воспроизводства двойной запас зрелых самок.

Для выбора самок, пригодных к воспроизводству, ранее были предложены методы клеточной биологии, которые основаны на способности изолированных фолликулов осетровых рыб реагировать на стимуляцию прогестероном в растворе Рингера *in vitro* созреванием и овуляцией. Таким образом, по доле созревших и овулировавших ооцитов можно судить о физиологическом статусе самок и готовности их к нересту [Гончаров, 1999; Гончаров, 2003].

В нашей предыдущей работе [Балашов и др., 2019] было показано, что инъекция самкам жирных кислот во время преднерестового выдерживания увеличивает долю овулировавших *in vitro* ооцитов, что служит показателем улучшения физиологического статуса самок и качества их гамет.

Целью настоящей работы было показать, как однократная инъекция полиненасыщенных жирных кислот самкам в период зимовки влияет на рыбоводное качество икры в зависимости от времени зимовки. А также насколько этот прием находит свое отражение в доле овулировавших in vitro ооцитов.

Материал и методы

Материалом служили производители (самки и самцы) сибирского осетра (*Acipenser baerii*) из коллекции осетровых рыб Конаковского отдела ВНИИПРХ. Овариальные фолликулы а также нативные половые продукты (икру и сперму) получали во время нерестовой кампании (декабрь 2020 и январь 2021), и в охлажденном состоянии доставляли в лабораторию генетики и селекции рыб ВНИИПРХ (пос. Рыбное Московская обл.), где проводили все эксперименты.

Схема эксперимента

Самки, пригодные для воспроизводства, были отобраны в период осенней бонитировки (конец ноября), и оставлены для зимовки. Далее самок разбили на две группы, различающиеся числом дней предстоящей зимовки. Первая группа включала 10 опытных и 10 контрольных самок, вторая, соответственно, 14 и 14 рыб. Всем опытным самкам сделали внутрибрюшинную инъекцию, содержащую эмульсию жирных кислот, состоящую из смеси высокоочищенного рыбьего жира, масла зародышей пшеницы, эмульгатора лецитина и бидистиллированной воды. Доза препарата составила 1 мл/кг массы тела самки. Всех самок содержали совместно в одинаковых условиях в бассейне с проточной речной водой при температуре зимовки 9-11° С. Первая группа зимовала 30 дней, а вторая 60 дней. За 10 дней до получения икры, перед переводом на нерестовые температуры, у самок каждой группы изымали овариальные фолликулы и инкубировали их *in vitro*.

Инкубация овариальных фолликулов in vitro

В период экспериментов рыбы были пойманы и подвергнуты биопсии. Для изъятия фолликулов использовали специальные металлические щупы, после чего отверстия от щупов были ушиты рассасывающейся хирургической нитью,

а самки помечены электронными чипами с присвоением индивидуального номера и помещены обратно в бассейн.

Фолликулы были отмыты раствором Рингера, модифицированным для осетровых (РМО) [Гончаров, 1978; Goncharov, 2002], помещены в пластиковые контейнеры и залиты раствором L-15 (Sigma USA).

Фолликулы инкубировали в чашках Петри диаметром 60 мм в РМО по оригинальной методике [Гончаров, 1978; Goncharov, 2002] в присутствии прогестерона. По сравнению с методикой Гончарова содержание соды было уменьшено до 0,75 г/л, а в качестве антибиотика использовали гентамицин в концентрации 50 мкг/мл. Инкубация проходила при температуре 16° С. В каждую чашку, содержащую 10 мл РМО, помещали 33±3 фолликул и вносили 10 мкл спиртового раствора прогестерона для достижения концентрации 333 нг/мл. Опыт проводили не менее чем в трех повторностях для каждой самки. Учитывали количество овулировавших ооцитов в каждой чашке. Время начала и окончания овуляции определяли в тау нулевых (τ_0) [Детлаф, Детлаф, 1960]. Подсчет овулировавших ооцитов проводили через 38-40 τ_0 после внесения прогестерона. Продолжительность τ_0 для сибирского осетра при 16° С была принята равной 59 мин [Gisberg, 2012].

Инкубация икры in vivo

Икру получали в заводских условиях. После чего небольшие порции икры были доставлены в лабораторию и осеменены. Оплодотворение проводили полусухим способом суспензией спермы и воды в соотношении 1:100. Использовали смесь спермы от трех самцов. Инкубацию эмбрионов проводили индивидуально для каждой самки в чашках Петри диаметром 100 мм в трех повторностях. Процент оплодотворения определяли на ст. 17 (малая желточная пробка) [Детлаф, 1981]. Долю вылупившихся предличинок выражали в процентах от общего количества икринок и от числа оплодотворенных яиц.

Для статистической обработки результатов были использованы методы корреляционного и дисперсионного анализов (ANOVA) с использованием пакетов программы STATISTICA 8.0.

Результаты

Результаты инкубации изолированных фолликулов in vitro

Доля овулировавших ооцитов в течение зимовки возрастает у всех самок (рис.1). Однако, у самок, получивших инъекцию жирных кислот. этот показатель выше. И если у первой группы самок он выше незначительно, то у второй группы доля овулировавших ооцитов в опыте достоверно выше контроля (рис.2).

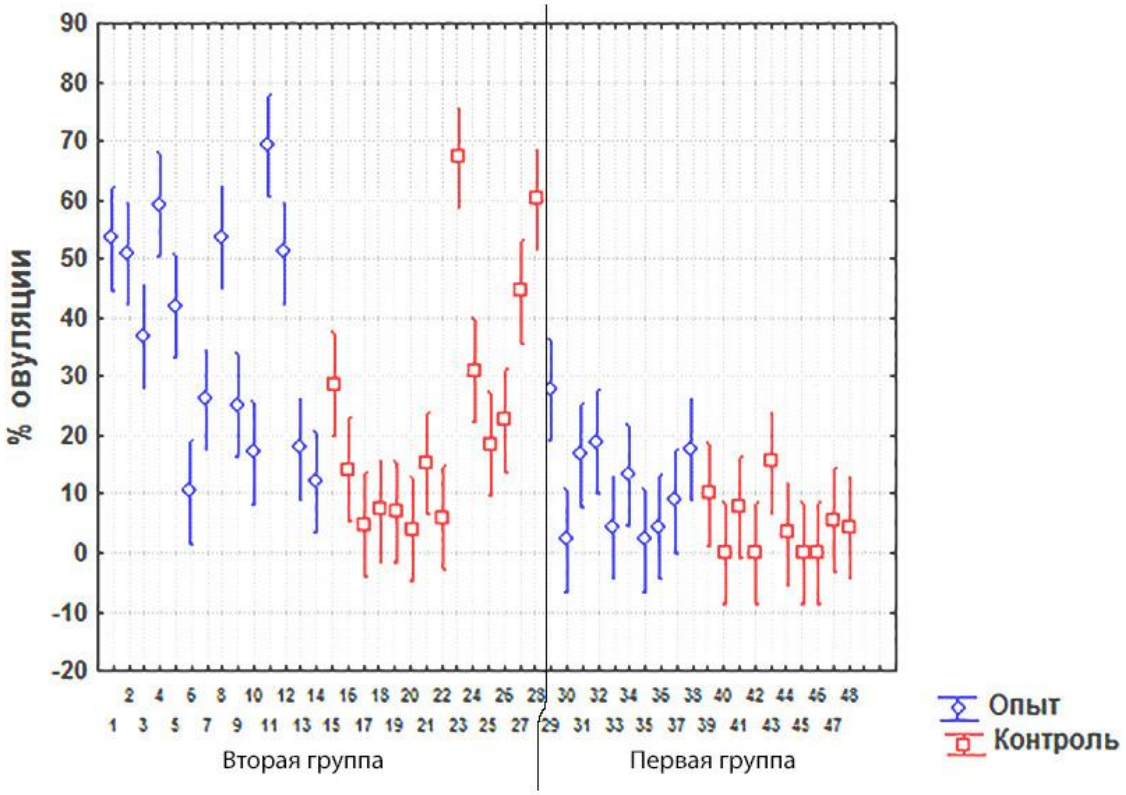


Рисунок 1 - Доля овулировавших ооцитов у опытных и контрольных самок в зависимости от продолжительности зимовки: индивидуальные показатели

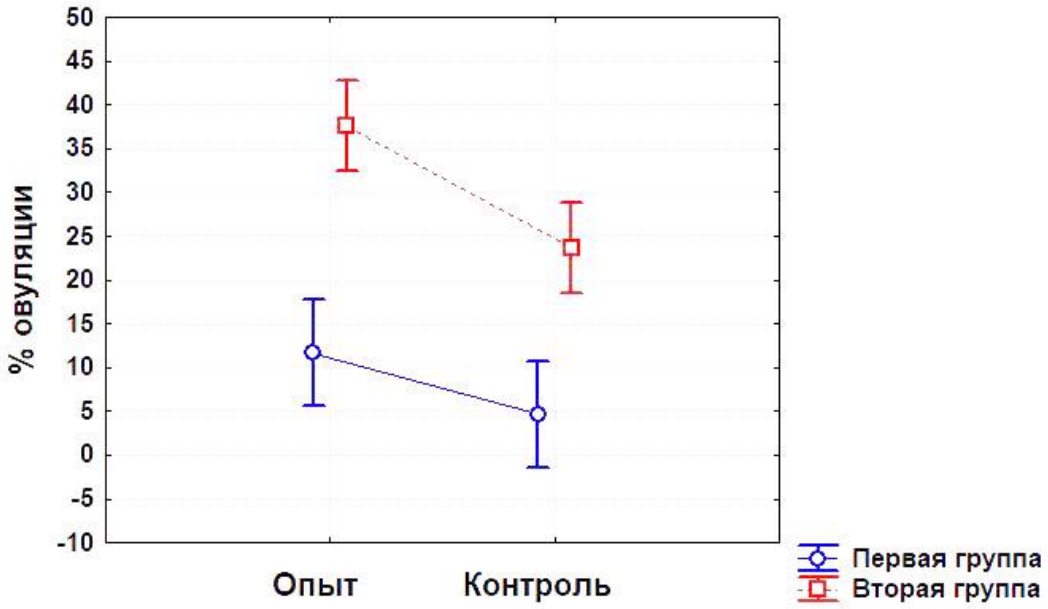


Рисунок 2 - Доля овулировавших ооцитов у опытных и контрольных самок в зависимости от продолжительности зимовки: средние показатели по группе

Репродуктивные свойства самок при заводском воспроизводстве (in vivo)

Репродуктивные свойства самок второй опытной группы имели наиболее высокие показатели по отношению к контролю, а также по отношению к самкам первой опытной группы (рис. 3). Самки первой опытной группы имели показатели выше, чем в контроле, но ниже чем во второй группе опытных самок.

Для оценки влияния жирных кислот (Ж. К.) на репродуктивные свойства самок сибирского осетра были рассчитаны средние показатели изучаемых признаков и их дисперсии (рис.4). Из рисунка следует, что препарат Ж. К. повышает проценты оплодотворения и выхода личинок *in vivo* на всех сроках выдерживания. Более того, эти результаты были предсказаны опытами по овуляции изолированных овариальных фолликулов *in vitro*, изъятых у самок перед переводом на нерестовые температуры.

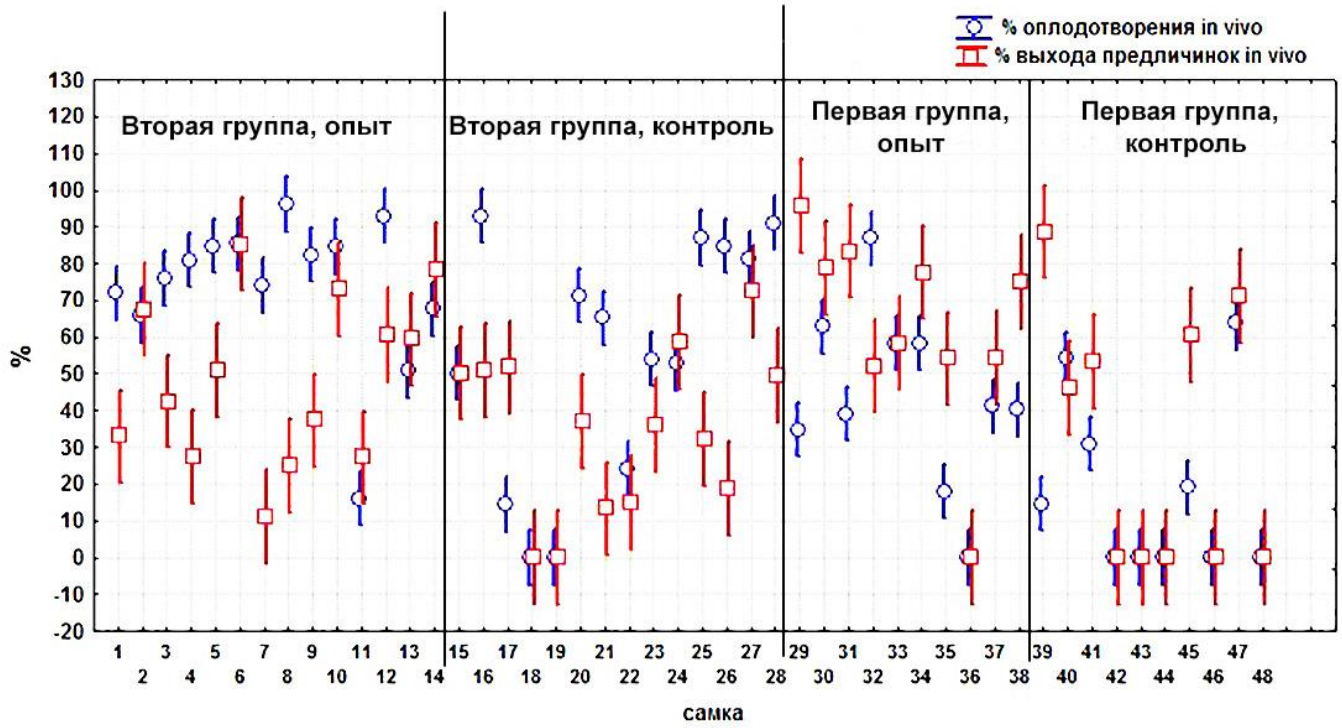


Рисунок 3 - Репродуктивные показатели самок из разных опытов (ANOVA)

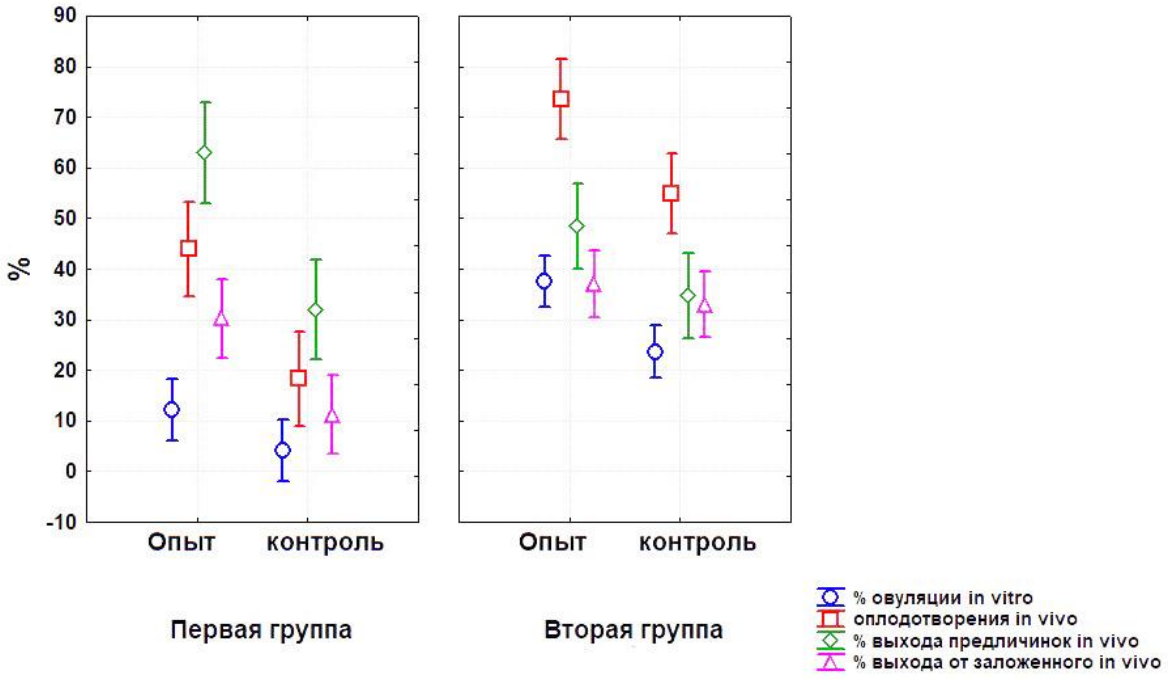


Рисунок 4 - Средние показатели репродуктивной способности у опытных и контрольных самок сибирского осетра в зависимости от продолжительности зимовки (ANOVA)

Для связи экспериментов *in vitro* и *in vivo* был проведен корреляционный анализ между некоторыми признаками (табл.1). Из таблицы следует, что средний процент овуляции по всем опытам имеет достаточно сильную положительную достоверную связь с долями оплодотворения и выхода личинок.

Таблица 1 - Корреляционный анализ пар изучаемых признаков

Пары вариантов	N	Spearman R	t(N-2)	P
% овуляции in vitro & % оплодотворения in vivo	**144**	**0,521919**	**7,291228**	**0,000000**
% овуляции in vitro & % выхода предличинок in vivo	144	0,093281	1,116434	0,266122
% овуляции in vitro & % выхода предличинок от заложенной икры	**144**	**0,384353**	**4,961178**	**0,000002**
% оплодотворения in vivo & % выхода предличинок in vivo	**144**	**0,305277**	**3,820155**	**0,000199**
% оплодотворения in vivo % выхода предличинок от заложенной икры	**144**	**0,611884**	**9,218610**	**0,000000**

Обсуждение

В настоящем исследовании было показано, что инъекция жирных кислот положительно влияет на репродуктивные характеристики самок. Также показано, что улучшение репродуктивных качеств самок зависит от продолжительности постинъекционного периода. Очевидно, что инъекция полиненасыщенных жирных кислот оказывает стимулирующий эффект на ооциты самок во время зимовки. И чем дольше продолжительность зимовки, тем эффект более выражен. Сама по себе зимовка также оказывает стимулирующий эффект на ооциты, поэтому при сочетании двух стимулирующих факторов может произойти перезревание ооцитов и качество половых продуктов резко снизится.

Следует учитывать, что получение икры у проинъецированных самок в настоящей работе осуществлялось в самом начале нерестовой кампании (декабрь 2020 – январь 2021), т.е. зимовка была краткосрочной. Обычно в этот период половые продукты самок и самцов обладают низким рыбоводным качеством. Тем не менее, даже в такой неблагоприятный период и при коротких сроках зимовки, был получен положительный эффект (рис. 4).

В наших опытах со стерлядью (неопубликованные данные) было показано, что применение препарата на самках стерляди с продвинутыми ооцитами в конце зимовки приводит к перезреванию и даже резорбции икры и снижению практически до нуля процента оплодотворения у обработанных самок. Поэтому особенно важно внимательно следить за состоянием ооцитов после инъекции. Для этого достаточно периодически делать биопсию и небольшое число изолированных фолликулов закладывать на инкубацию *in vitro,* чтобы по доле овулировавших ооцитов определить, готовность самок к получению икры.

Из корреляционного анализа следует, что процент овуляции *in vitro* имеет положительную достоверную связь с процентом оплодотворения *in vivo.* Это подтверждает тот факт, что по доле овулировавших ооцитов, инкубируемых *in vitro,* можно прогнозировать качество половых продуктов самок и более точно определять сроки получения икры.

Список использованных источников

1. Балашов, Д. А., Ковалев, К. В., Козовкова, Н. А., Рекубратский, А. В. (2019). Оценка физиологического состояния самок осетровых рыб в преднерестовый период по доле ооцитов, овулировавших in vitro // Рыбное хозяйство. – 2019. – (5). – С. 85-88.

2. Гончаров, Б. Ф. Влияние состава среды культивирования на способность фолликулов осетровых рыб реагировать созреванием на действие гонадотропных гормонов / В сб. «Вопросы раннего онтогенеза у рыб». Наукова Думка, Киев. 1978. С. 77-78.

3. Гончаров Б. Ф., Вийо П., Ле Менн Ф. Морфологические и физиологические характеристики овариальных фолликулов сибирского осетра и

их ценность для прогнозирования успеха искусственного размножения // Онтогенез. – 1999. Т. 30 (1). – С. 51-60.

4. Гончаров Б. Ф. Использование модельной системы гормональной стимуляции in vitro созревания и овуляции ооцитов осетровых рыб для решения ряда фундаментальных и прикладных проблем //Онтогенез. – 2003. – Т. 34 (2). – С. 102-111.

5. Детлаф, Т. А., & Детлаф, А. А. О безразмерных характеристиках продолжительности развития в эмбриологии // Докл. АН СССР. 1960. Т. 134 (1). С. 199-202.

6. Детлаф, Т. А. Развитие осетровых рыб / Т.А. Детлаф, А.С. Гинзбург, О.И. Шмальгаузен.: М. Наука. 1981. 224 с.

7. Gisbert, E., & Williot, P. (2002). Duration of synchronous egg cleavage cycles at different temperatures in Siberian sturgeon (Acipenser baerii) // Journal of Applied Ichthyology. 2002. Vol. 18 (4-6). P. 271-274.

8. Goncharov, B. F. (2002). In vitro approach to studying the mechanisms of oocyte maturation in sturgeons: a review of fundamental and applied aspects. Journal of Applied Ichthyology, 18(4-6). P. 368-374.

УДК 639.2/3 :338.43.02

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ АКВАКУЛЬТУРЫ В СТРАНАХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Бахирева М.С., Никифоров А.И.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный институт международных отношений (МГИМО) МИД России

hosanianiq@gmail.com

NATIONAL FEATURES OF STATE AQUACULTURE SUPPORT IN THE COUNTRIES OF THE ARCTIC REGION

Bakhireva M.S., Nikiforov A.I.

Резюме: *В работе кратко рассмотрены особенности развития отрасли аквакультуры в разных странах Арктического региона; обсуждаются специфика регулирования отрасли промышленного рыбоводства в России, США, Канаде, Норвегии, Финляндии, Дании и Швеции; приводятся статистические данные относительно объёмов потребления рыбной продукции населением России в 2014 – 2019 гг; упоминаются действующие механизмы государственной поддержки аквакультуры в России.*

Ключевые слова: *аквакультура, рыбоводство, гидробионты, лосось атлантический, государственная поддержка, льготное кредитование*

Summary: *The paper briefly reviews the specifics of aquaculture development in different countries of the Arctic region; discusses the specifics of regulation of the industrial fish farming industry in Russia, the USA, Canada, Norway, Finland, Denmark and Sweden; provides statistical data on the volume of fish products consumption by Russian population in 2014 - 2019; mentions the existing mechanisms of state support for aquaculture in Russia.*

Key words: *Arctic region, aquaculture, fish farming, hydrobionts, Atlantic salmon, state support, soft loans*

Мировая аквакультура развивается сегодня чрезвычайно активными темпами, расширяя свои географические границы и завоевывая международные рынки сбыта. Поддержка устойчивого развития аквакультуры является приоритетным направлением развития рыбохозяйственной отрасли для многих стран, в том числе и для стран Арктического региона. Каждая из стран Арктического региона имеет значительный потенциал для развития аквакультуры, который связан не только с природными условиями, но и с

особенностями применяющихся технологий, а также с накопившимся уникальным опытом в данной сфере,.

В настоящее время основу промышленной аквакультуры в странах Арктического региона составляют следующие виды гидробионтов:

1) Атлантический лосось (Salmo salar). Данный вид культивировался во многих странах мира, но стоит отметить, что Норвегия является крупнейшим в мире производителем атлантического лосося – ежегодно в этой стране производят более 1 300 тыс. тонн лосося в год;

2) Микижа (Oncorhynchus mykiss) – культивируется преимущественно в Дании, Норвегии, Исландии, России, Швеции и США;

3) Арктический голец (Salvelinus alpinus) – данный вид выращивается преимущественно в Исландии, Норвегии, Швеции;

4) Помимо рыбных объектов, в США и Канаде также в большом объеме выращиваются виргинские устрицы (Crassostrea virginica) [5].

Среди стран Арктического региона безусловным лидером по валовому производству продукции аквакультуры является Норвегия. В этой стране накоплен богатый опыт по производству оборудования для выращивания рыбы, а также мониторинга производственных процессов производства специализированных кормов и разработке различных производственных технологий в области рыбообработки. Нельзя не отметить, что природные условия Норвегии сыграли свою решающую роль: очень большая изрезанность побережья в сочетании с относительно небольшими рекреационными и индустриальными нагрузками на экосистемы побережий [4].

За последнее десятилетие производство продукции аквакультуры в Норвегии удвоилось, достигнув исторического максимума в 1 332,5 тыс. тонн в 2014 г. В период с 2014 г. по 2018 г. валовое производство продукции аквакультуры не опускалось ниже 1 330 тыс. тонн, и наблюдались незначительные колебания данного показателя, связанные преимущественно с климатическими условиями (рис. 1).

В 2018 г. более 70 % в стоимостном выражении и около 40 % от общего объема норвежского экспорта морепродуктов пришлось на продукцию аквакультуры, в основном атлантического лосося. В 2017 году, например, Норвегия экспортировала 1,1 млн продукции аквакультуры на сумму NOK 71 млрд (€7,2 млрд/ $8,3 млрд), увеличив объем и стоимость продаж на 5 % по сравнению с 2017 годом.

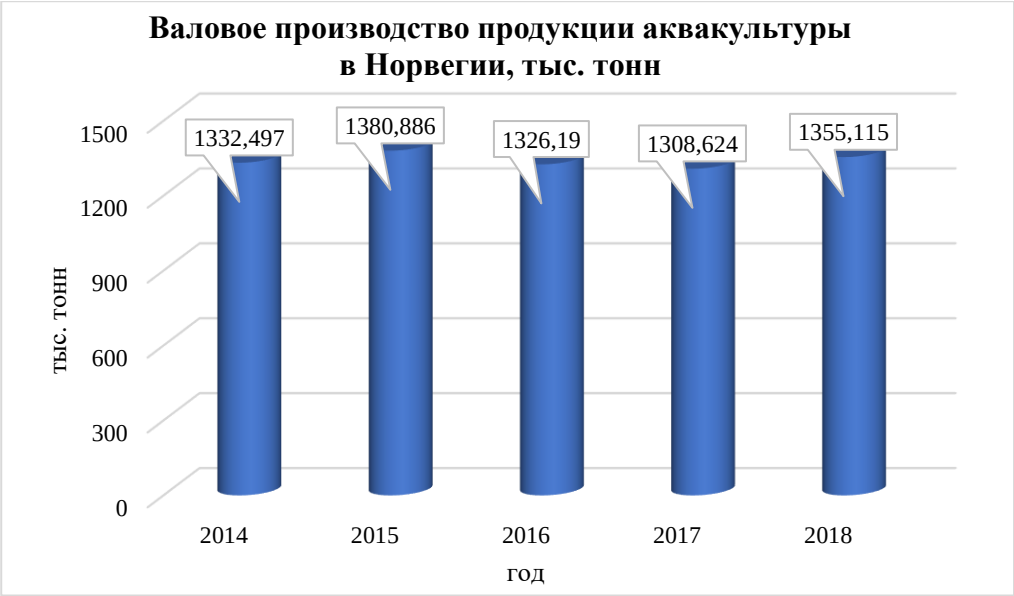


Рисунок 1 - Валовое производство продукции аквакультуры в Норвегии, тыс. тонн

Источник: составлено авторами на основе данных Центрального статистического бюро Норвегии, URL: https://www.ssb.no/en

Крупнейшим рынком сбыта продукции аквакультуры Норвегии является Европейское Содружество (ЕС), куда поступает около 70% общего объема экспорта, а основными направлениями поставок были Дания и Польша. Вторым по величине рынком является Азия [11].

В то же время, в последние годы импорт в Норвегию товаров, связанных с отраслью аквакультуры, значительно возрос, отчасти из-за нехватки рыбной муки, рыбьего жира и корма для рыб для нужд растущей отрасли аквакультуры. Основными поставщиками являются государства-члены ЕС и страны Южной Америки.

Среди преимуществ государственного подхода к управлению в области аквакультуры в **Норвегии** является государственное регулирование. Все отрасли аквакультуры в Норвегии подчиняются законам, направленным на защиту рыбных ресурсов и окружающей среды. Министерство рыболовства и береговой администрации контролирует все аспекты, начиная от размера ячеек рыболовных сетей, и заканчивая защищенностью районов, где выращиваются мальки. Кроме того, существует большое количество стандартов, определяющих не только местоположение, устройство садков и вид кормов, но и уровень подготовки сотрудников. Так, каждый, кто работает в сфере аквакультуры в Норвегии, обеспечен специализированной подготовкой, а также обязан раз в 5 лет пройти курс дополнительного обучения. Вся образовательная система в Норвегии, включая обучение профессиям, необходимым для осуществления аквакультуры, приспособлена к европейскому стандарту, что позволяет

проходить курс обучения и получать признание квалификации в разных странах. Отдельно стоит отметить, что болезни рыб и их состояние в аквакультуре привлекают все больше и больше внимания правительства, коммерческих организаций и фермеров. В настоящее время в Норвегии развитию исследований в области болезней рыб придан государственный приоритет [4].

В **Финляндии** аквакультура является лицензируемым бизнесом. Рыбоводным хозяйствам требуется особая экологическая лицензия на ведение рыбоводства в соответствии с «Законом об охране окружающей среды» Финляндии, а также специальное разрешение, оформленное согласно требованиям общегосударственного «Закона о воде». Кроме того, каждое рыбоводное хозяйство обязано иметь программу экологического мониторинга, утвержденную правительством страны. Результаты экологического мониторинга рыбоводных предприятий консолидируются затем в единую информационную систему экологического менеджмента.

Аквакультура в **Швеции** является зеленой отраслью экономики, которая направлена преимущественно на поддержку и обеспечение экономической устойчивости сельских районов. Основная цель, к которой стремится правительство страны – создание устойчивой аквакультуры [7].

Несмотря на то, что все страны Арктического региона являются крупными производителями продукции аквакультуры - не все из них имеют специализированное законодательство в данной области или программы поддержки местных производителей. Так, **Канада** отстает от остального мира с точки зрения развития законодательства, нормативных требований и политики, направленных на регулирование аквакультуры. В 2018 г. правительство Канады начало разработку Закона об аквакультуре, который придет на смену Закону о рыболовстве. Однако, государственная поддержка аквакультуры в стране является многоцелевой. Так, акватория предоставляется хозяйствам без каких-либо государственных конкурсов, на основании лишь заявок фермеров, сопровождаемых необходимым пакетом документов. Рента, взимаемая за пользование, весьма незначительная, и зависит от целевого использования водоема или участка акватории. Из налогов фермеры платят только налог на доход, при этом, если ферма регистрируется как производитель пищевой продукции, ставки налогов существенно снижаются. Также могут предоставляться «налоговые каникулы» на период становления предприятия или окупаемости вложений [9].

В то же время, правительство **Дании** в 2019 г приняло решение о приостановлении развитие сектора морского рыбоводства в целях защиты окружающей среды из-за повышенного уровня азота в прибрежных районах и внутренних водах. На данный момент, в Дании прекращено создание новых рыбоводных ферм, а также расширение уже существующих (всего их в стране

19). Данные меры будут действовать до тех пор, пока не будет разработана стратегия устойчивого развития национального сектора аквакультуры [8].

Рисунок 2 - Динамика производства продукции товарной аквакультуры в РФ, тыс. тонн

Источник: составлено авторами на основе данных Федерального агентства по рыболовству, URL: http://fish.gov.ru

В отношении России, следует признать, что пока она не относится к числу лидеров в области развития аквакультуры (см. рис. 2).

Хотя объемы производства продукции товарной аквакультуры за 10 лет и увеличились в 2 раза, Россия пока сильно отстает от общемировых темпов развития товарного выращивания рыбы и иных гидробионтов. Так, по данным Федерального агентства по рыболовству, в 2019 г. в России было произведено 220 тыс. т продукции аквакультуры, что на 6,5% выше уровня предыдущего года. В 2018 году объем производства продукции товарной аквакультуры составил почти 239 тыс. тонн, что, в свою очередь, на 8,6% выше показателя 2017 года (рис.2).

Но в целом доля России в общем объеме мирового производства объектов аквакультуры составляет менее 1%. Кроме того, доля продукции аквакультуры в общем объеме предложения рыбной продукции в России не превышает 5% [1,2,3].

В то же время, согласно Приказу Минздрава России от 19 августа 2016 г. № 614, потребление рыбы и морепродуктов должно составлять не менее 22 кг/чел. в год (прежние нормы – 18-22 кг/чел. в год), поэтому развитие аквакультуры относится к приоритетным направлениям в сфере агробизнеса.

Как можно убедиться при изучении информации, представленной на рис. 3, уровень потребления рыбы в России в 2014 г. превышал рекомендованные нормы потребления и достигал 25,7 кг/чел. в год. Но, с введением экономических санкций, импортная продукция аквакультуры резко подорожала, что закономерно привело к снижению её потребления населением из-за низкой покупательной способности подавляющего большинства населения. Наиболее существенно потребление рыбы упало в 2015 г., показатель 2016 г. остался на уровне 2015 г. и составил 22,3 кг/чел. в год, но в 2017 году потребление рыбы несколько увеличилось по сравнению с 2015-2016 гг. до 22,9 кг/чел. в год. Впрочем, в дальнейшем, в силу дальнейшего снижения уровня реальных доходов граждан, оно вновь снизилось, достигнув в 2019 г. величины 21,1 кг/чел. в год (рис.3).

В отношении спектра потребляемой россиянами в пищу продукции из гидробионтов, наиболее потребляемой рыбой является сельдь (среднестатистический россиянин съедает 2,8 кг/чел в год), её потребление составляет около 13 % потребления рыбы в России. Далее следуют лососевые – (среднее потребление 2,7 кг/чел в год – что также составляет около 13 % потребления рыбы в России. Третью позицию в рейтинге в потребления рыбной продукции занимает минтай – среднее потребление 2,59 кг/чел в год, что составляет около 12 % потребления рыбы в России.

Рисунок 3 - Потребление рыбы в России, кг/чел в год

Источник: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики, URL: https://rosstat.gov.ru/ (*Данные приведены с учетом пересмотра ретроспективных динамических рядов балансов продовольственных ресурсов за 2007-2017 гг.)

По данным Росстата, Российский экспорт рыбы и ракообразных в 2019 г. в физическом объеме уменьшился на 6,2% до 2,1 млн тонн, однако в стоимостном выражении вырос на 4,3% до 5,4 млрд долл. В структуре экспорта по странам ведущие позиции занимают Китай (34%), Южная Корея (34%) и Нидерланды (16%). Основной позицией российского экспорта рыбы в 2019 г. являлась мороженая рыба (за исключением рыбного филе), на которую приходилось более половины всех отгрузок (2,5 млрд долл.). В структуре современного российского аграрного экспорта рыба и рыбопродукты занимают второе место после зерновых.

Объем импорта рыбы, рыбопродуктов и морепродуктов, по данным Росстата, в 2019 году в сравнении с 2018 годом увеличился на 41,2 тыс. тонн (на 6,9 %) и составил 640,1 тыс. тонн. Основными странами-поставщиками были Чили, Фарерские острова и Китай.

В конце 2019 г. была утверждена Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса России до 2030 года и План её реализации. Указанной стратегией предусматривается реализация пяти основных (инвестиционных) комплексных проектов развития и семи поддерживающих (вспомогательных) проектов, направленных на на обеспечение динамичного развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации, обновление производственных фондов, уход от сырьевой направленности экспорта путем стимулирования производства продукции с высокой долей добавленной стоимости. Также предусмотрено создание благоприятных условий для ведения бизнеса и привлечения инвестиций в отрасль [1].

С 2020 г. для рыбоводческих предприятий в России расширены возможности страхования аквакультуры. Впервые оно стало возможным в 2019 году, но господдержка была гарантирована только производителям лососевой рыбы, и лишь в двух регионах – в Карелии и Мурманской области. В настоящее время субсидирование будет доступно во всех без исключения регионах.

В соответствии с Приказом Минсельхоза России от 02.12.2019 № 667 «Об утверждении Плана сельскохозяйственного страхования на 2020 год», страховой защитой на условиях субсидирования могут обеспечиваться предприятия, осуществляющие выращивание лососевых, осетровых и сомовых видов рыб. Принятая ранее программа господдержки в виде возмещения части процентов по кредитам оказалась неэффективной (так, соглашения о субсидировании в 2019 г. были заключены с 7 регионами: Калужской, Тамбовской, Мурманской и Астраханской областями, а также с Карелией, Башкортостаном и Красноярским краем). В связи с этим, основным направлением господдержки аквакультуры в нашей стране является льготное кредитование (предусмотренный размер ставки 5%) [3].

Таким образом, несмотря на указанные выше существенные отличия в механизмах государственной поддержки, в большинстве стран Арктического региона аквакультура как отрасль природопользования динамично развивается.

Список использованной литературы

1. Анализ состояния и перспективные направления развития аквакультуры: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.
2. О развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводства) в Российской Федерации: информ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 136 с.
3. О развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводства) в Российской Федерации: информ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 164 с.
4. Зиланов В.К., Борисов В.М., Лука Г.И. Рыбное хозяйство Норвегии. М.: Издательство ВНИРО. 2017. 296 с.
5. ФАО. 2020. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим, ФАО. https://doi.org/10.4060/ca9229ru
6. Федеральноая служба государственной статистики, [Электронный ресурс] – URL: https://rosstat.gov.ru/
7. Swedish aquaculture – a green industry in blue fields. Strategy 2012–2020. [Электронный ресурс] – URL: http://www.svensktvattenbruk.se/download/18.65ea4bd915019557221948d4/1443605006808/Swedishaquacultureagreenindustry_w.pdf
8. SALMONBUSINESS [Электронный ресурс] – URL: https://salmonbusiness.com/no-more-fish-farms-announces-danish-government/
9. Statistics Canada. Aquaculture, production and value. [Электронный ресурс] – URL: https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3210010701
10. Statistics Norway [Электронный ресурс] – URL: https://www.ssb.no/en
11. The Norwegian Aquaculture Analysis 2019. [Электронный ресурс] – URL: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/no_no/topics/fiskeri-og-sjømat/norwegian-aquaculture-analysis_2019.pdf

УДК 639.311:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ КРАХМАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (МЕЗГИ КАРТОФЕЛЬНОЙ) В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ В НАГУЛЬНЫХ ПРУДАХ

Воронова Г.П., Таврыкина О.М., Литвинова А.Г., Ракач С.И., Павлович Д.С.

РУП «Институт рыбного хозяйства», ул. Стебенева, 22, 220024, г. Минск, Беларусь, belniirh@tut.by

EFFECT OF STARCH PRODUCTION WASTE (POTATO PULP) USING AS ORGANIC FERTILIZER IN FEEDING PONDS

Voronova G.P., Tavrykina O.M., Litvinova A.G., Rakach S.I., Pavlovich D.S.

Резюме. *Показана рыбоводная и экономическая эффективность применения отходов крахмального производства (мезги картофельной) в качестве органического удобрения в нагульных прудах, способствующая увеличению естественной рыбопродуктивности на 11%, снижению кормовых затрат на 19% и себестоимости товарной рыбы на 9%.*

Ключевые слова: *мезга картофельная, естественная и общая рыбопродуктивность, затраты кормов, себестоимость рыбы.*

Summary. *The fish-breeding and economic effect of starch production waste (potato pulp) using as an organic fertilizer in feeding ponds is shown, it promotes increasing in natural fish productivity by 11%, decreasing in feed costs by 19% andmarketable fish price cost by 9%.*

Key words: *potato pulp, natural and general fish productivity, feed costs, fish cost price.*

Введение. Удобрение прудов является необходимым элементом технологии выращивания рыбы. Использование в рыбоводстве новых форм дешевых удобрений в виде вторичных сырьевых ресурсов позволяет увеличить продуктивность прудов за счет естественной пищи, снизить или вообще отказаться от дорогостоящих удобрений, уменьшить себестоимость выращиваемой рыбы, частично решить проблему утилизации отходов перерабатывающей промышленности, способствовать экологизации выращивания рыбы [6,8,5,3,4].

Применение дешевых отходов перерабатывающей промышленности в качестве удобрения прудов особенно актуально в период перехода экономики

страны к рыночным отношениям, когда в рыбоводстве отдается приоритет ресурсосберегающим технологиям.

Цель работы – оценить рыбоводную и экономическую эффективность применения мезги картофельной в рыбоводных прудах.

Материал и методика исследований. Исследования по эффективности применения мезги картофельной в качестве органического удобрения проводили в 2020 г. на 2-х производственных прудах рыбхоза «Вилейка» Минской области при выращивании 3-х летков карпа в монокультуре. Внесение отходов осуществляли в весенний период один раз за сезон в дозе 4 т/га, которая ранее была определена в модельных опытах и экспериментальных прудах [1,2]. Действие отходов оценивалось на фоне применения ограниченного количества азотных удобрений.

Пруды зарыблялись двухгодовиками карпа из расчета 2,0-2,4 тыс.экз./га. Кормление карпа осуществляли пшеничными отходами с содержанием зерна 50-70%. Вегетационный период продолжался 180 суток.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования, проведенные на производственных прудах рыбхоза «Вилейка» показали, что применение мезги в качестве органического удобрения не оказывает отрицательного влияния на гидрохимический режим пруда. В среднем за сезон основные показатели газового, биогенного, солевого режимов были в пределах норматива для летних карповых прудов (таблица 1) [9].

В динамике содержания растворенного в воде кислорода максимальные значения 15,0-18,5 мгO_2/л были отмечены в июне-июле в период высоких температур воды (21,6-29,5 ^{o}C). Интенсивное развитие водорослей в этот период приводило к перенасыщению поверхностных слоев воды кислородом до 196,3-215,1% как в опытном, так и в контрольном пруду.

Выявлено, что внесение мезги стабилизировало pH среды в опытном производственном пруду в среднем за сезон на уровне 7,0 ед., при колебаниях в течении сезона от 6,60 до 8,96 ед., в то время как в контроле отмечалось превышение pH в июне до 9,23-9,28 ед., в среднем составив 8,10 ед.

Применение мезги способствовало увеличению в воде производственных прудов минерального фосфора в среднем за сезон в 2 раза (с 0,053 мг P/л, в контроле до 0,110 мг P/л в опытном пруду) (таблица 1). Содержание в воде общего азота находилось в обоих прудах на одном уровне (0,705-0,710 мг N/л). Во второй половине сезона (июнь-август) в прудах отмечалось превышение в воде показателей перманганатной окисляемости до 34,1-37,6 мг O/л (предельно допустимые значения – 30,0 мг O/л). Возможно, это было вызвано как интенсивным развитием в этот период водорослей, так и притоком органического вещества, поступающего в пруд с кормами в виде пшеничных

отходов с долей зерна от 50 до 70%, остальное сырье отходов (30-50%), которое рыбой не потреблялось, служило органическим удобрением.

Таблица 1 – Гидрохимические показатели производственных прудов в ХРУ «Вилейка» при применении мезги картофельной (средние за сезон показатели)

№ п.п.	Показатели	Внесено мезги, т/га	
		пруд №3 (0,0) контроль	пруд №2 (4,0)
1	2	3	4
1	Кислород растворенный, мгO_2/л	11,3	10,8
2	Насыщение кислородом, %	114,5	119,7
3	Водородный показатель, pH	8,10	7,04
4	Свободная углекислота, мг/л	0,4	0,8
5	Гидрокарбонаты, мг/л	1,4	1,3
6	Температура, ^{o}C	15,6	16,0
7	Прозрачность, м	0,5	0,5
8	Аммонийный азот, мгN/л	0,41	0,46
9	Нитраты, мгN/л	0,30	0,24
10	Нитриты, мгN/л	0,005	0,01
11	Фосфор минеральный, мгP/л	0,053	0,110
12	Окисляемость перманганатная ,мгO/л	24,7	24,6
13	Хлориды, мг/л	17,7	16,8
14	Общая жесткость, мг-экв/л	2,7	2,4
15	Кальций, мг/л	37,3	34,4
16	Магний, мг/л	10,4	8,4
17	Железо общее, мг/л	0,09	0,10

Анализ кормовой базы производственных прудов показал, что применение мезги увеличивало биомассу бактериопланктона на 37%, фитопланктона на 8%, зоопланктона на 23%, макрозообентоса на 9% (таблица 2).

В производственных прудах практически не использовались минеральные удобрения. Двухразовое внесение аммиачной селитры из расчета 25 кг/га, а также применение малопродуктивных кормов в виде пшеничных отходов не способствовало интенсивному развитию первичного звена. В производственных прудах при внесении мезги биомасса фитопланктона была на 21-34% меньше, чем в экспериментальных прудах [2]. Утилизация энергии в производственных прудах в основном осуществлялась по детритной пищевой цепи, которая

является менее эффективной, чем пастбищная, что в конечном итоге не могло не отразиться на продуктивности конечного звена – рыбе.

Таблица 2 – Количественные и функциональные показатели основных компонентов естественной кормовой базы производственных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении мезги картофельной (средние показатели за вегетационный период, 2020г.)

Пруд №	Внесено мезги, т/га	Бактериопланктон		Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос	
		Биомасса, г/м^2	Продукция, г/м^2. сут$^{-1}$	Биомасса, г/м^2	Продукция, г/м^2. сут$^{-1}$	Биомасса, г/м^2	Продукция, г/м^2. сут$^{-1}$	Биомасса, г/м^2	Продукция, г/м^2. сут$^{-1}$
2	4,0	1,90	1,31	19,72	10,65	7,08	1,28	0,12	0,002
3 (контроль)	0,0	1,39	1,19	18,19	10,55	5,75	0,98	0,11	0,002

Биомассу фитопланктона в производственных прудах в основном формировали зеленые водоросли (64,0-64,2%), в меньшей степени синезеленые (24,2-26,8%) и диатомовые водоросли (6,2-7,6%) (таблица 3).

Таблица 3 – Относительное участие отделов водорослей в биомассе фитопланктона производственных прудов рыбхоза «Вилейка» (средние данные за сезон)

№ пруда	Отделы водорослей,%				
	сине-зеленые	зеленые	диатомовые	динофитовые	золотистые
2	26,8	64,2	6,2	2,5	0,3
3(контроль)	24,2	64,0	7,6	0,8	3,4

В сезонной динамике фитопланктона производственных прудов наибольшее развитие отмечалось во второй половине сезона (июль – август) до 23,82-68,64 мг/л, в период высоких температур воды и накопления органических веществ в прудах. Развитие водорослей в начале сезона было слабым или умеренным (0,57-8,74мг/л). В этот период преобладали диатомовые водоросли, для которых характерен короткий фотопериод и более низкие температуры воды. В летний период с повышением температуры воды в прудах развитие фитопланктона становилось более интенсивным (10,73-68,64мг/л). Преобладали синезеленые и, в большей степени, зеленые водоросли.

В зоопланктоне производственных прудов доминировали кладоцеры, которые составляли в среднем за сезон 45,0 – 52,9% биомассы зоопланктона. Копеподы не превышали 36,0%, коловратки 27,0% (таблица 4).

Таблица 4 – Таксономическая структура сообщества зоопланктона в производственных прудах ХРУ «Вилейка» (средние данные за сезон)

Пруд, №	Биомасса, %		
	Cladocera	Copepoda	Rotatoria
2	52,90	20,05	27,05
3(контроль)	45,03	36,05	18,92

Показатели биомассы зоопланктона в течение сезона в опытном производственном пруду колебались в пределах 0,73-27,60 мг/л. Минимальные ее значения были зафиксированы в весенний период (порядка 0,7-0,8 мг/л), во время летних месяцев они возрастали до значений 4-5 мг/л с максимумом биомассы в конце июня, когда показатель достигал величины 27,6 мг/л.

В контрольном производственном пруду биомасса зоопланктона изменялась аналогичным образом, как в опытном пруду с максимумом в конце июня (20 мг/л) и наиболее низкими значениями в весенние месяцы (менее 1 мг/л).В целом для производственных прудов рыбхоза «Вилейка» при внесении мезги характерно наличие в зоопланктоне мелких форм, слабо потребляемых трехлетком карпа тонких фильтраторов кладоцер из родов *Bosmina, Ceriodaphnia* и *Scapholeberis,* а также коловраток и копеподитных стадий веслоногих. Это позволяет говорить, что крупные формы зоопланктона активно изымались рыбой.

Аналогичный пресс со стороны рыбы испытывал и макрозообентос, биомасса которого в опытном производственном пруду не превышала 0,125 г/м^2 (таблица 2). Макрозообентос в производственных прудах на протяжении сезона характеризовался низким уровнем развития. Максимальное развитие его наблюдалось в начале июня (до 0,42-0,50 г/м^2), в остальное время он полностью выедался. Биомассу макрозообентоса в производственных прудах в основном формировали личинки хирономид из родов *Procladius* и *Polypedilum*. Карп относится к бентосноядным рыбам. Нехватка качественного корма приводила к полной элиминации макрозообентоса на протяжении почти всего вегетативного периода.

Расчет естественной рыбопродуктивности производственных прудов показал, что применение мезги картофельной в качестве органического удобрения увеличивало естественную рыбопродуктивность на 11% с 146,62 кг/га до 162,23 кг/га, а по сравнению с нормативом, где применяли полную норму минеральных удобрений (500 кг/га) на 35% (с 120 кг/га до 162,23 кг/га) (таблица 5).

Таблица 5 – Естественная рыбопродуктивность производственных прудов рыбхоза «Вилейка» при использовании мезги картофельной, 2020 г.

Пруд № / Показатели	2	3 (контроль)	Норма для нагульных прудов во 2 зоне рыбоводства
Естественная рыбопродуктивность, кг/га	162,23	146,62	120,00

Примечание: естественная рыбопродуктивность, рассчитана по И.В. Морузи и др., 2016 [7].

Анализ естественной продуктивности экспериментальных [2] и производственных нагульных прудов при использовании в качестве органического удобрения мезги картофельной показал, что на показатели естественной продуктивности влияют не только удобрения но и другие средства интенсификации производственного процесса: плотность посадки рыбы, поликультура, качество корма.Выращивание карпа в экспериментальных прудах в поликультуре рыб при более плотной посадке (3,5 тыс. экз./га) и кормлении комбикормом К-111 увеличивало естественную рыбопродуктивность по сравнению с производственными прудами на 51% (до 233,4-245,0 кг/га), где выращивание карпа осуществлялось в монокультуре при меньшей плотности посадки (2,0-2,4 тыс. экз./га) на пшеничных отходах, с низким содержанием зерна 50-70%.

Таблица 6 – Выход рыбопродукции в производственных прудах рыбхоза «Вилейка» при использовании в качестве органического удобрения мезги картофельной, 2020 г.

Пруд №	Внесено мезги, т/га	Вид рыбы	Плотность посадки, экз/га	Ср. масса г	Выход, с га		Рыбопро-дуктивность, ц/га	Затраты корма, ед
					Общая масса, ц	Ср. масса рыбы, г		
2	4,0	карп 2-х годовик	2410	150	9,64	470	6,57	3,8
3 (К)	0,0	карп 2-х годовик	2000	150	7,75	430	5,05	4,7

Анализ рыбоводных данных показал, что одноразовое применение мезги по воде из расчета 4 т/га совместно с ограниченной дозой минеральных удобрений (50 кг/га за сезон в виде аммиачной селитры) способствовало увеличению рыбопродуктивности опытного пруда по сравнению с контролем на 30% с 5,05 (в контроле) до 6,57 ц/га (в опытном пруду), снижало затраты корма на 19% (с 4,7 до 3,8 ед.) (таблица 6).

Следует отметить низкую конечную массу трехлетков карпа (430-470 г) при норме 800 г, что было вызвано как низкой массой карпа посадочного материала (150 г), так и недостаточным обеспечением рациона карпов полноценными кормами.

Рассчитаны экономические показатели эффективности применения мезги картофельной в нагульных прудах при выращивании товарной рыбы.

Себестоимость товарной рыбы, выращенных в рыбхозе «Вилейка» при использовании мезги совместно с ограниченным количеством минеральных удобрений составили 3,02 руб. за 1кг, что на 9% меньше себестоимости рыбы, выращенной по традиционной технологии (таблица 7).

Таблица 7 – Показатели рыбоводной и экономической эффективности выращивания товарной рыбы в производственных прудах рыбхоза «Вилейка» при использовании мезги картофельной в качестве органического удобрения, 2020 г.

Показатели	Единица измерения	Технология удобрения прудов	
		новая	традиционная
Рыбопродуктивность	ц/га	6,57	5,05
Себестоимость рыбы	руб./ц	302,0	332,0
Экономический эффект	руб./ц	30,0	–

В структуре себестоимости товарного карпа в обоих прудах наибольшие затраты составляли материалы и корма (до 51,3-60,8%). При этом корма составляли не более 18,0-21,7%, что связано как с недостаточным кормлением рыбы, так и низкой стоимостью пшеничных отходов, используемых при кормлении рыбы. Затраты на зарплату работников рыбхоза не превышали 22,6%. Обращает на себя внимание довольно высокий процент (15,6%) услуги сторонних организаций в новой технологии, где заложены затраты на доставку мезги на расстоянии 300 км (Минск–Борисов–Вилейка–Минск). Известно, что экономическая эффективность действия отходов возрастает с уменьшением расстояния доставки отходов от производителя. Максимальный эффект от применения отходов может быть получен при их транспортировке в радиусе 50 км [4].

Заключение. Таким образом, исследованиями, проведенными на производственных нагульных прудах, подтверждено положительное влияние мезги картофельной на функционирование рыбоводных прудов. По сравнению с базовым прудом рыбопродуктивность товарной рыбы увеличена на 30% (с 5,05 до 6,57 ц/га). Естественная рыбопродуктивность выросла на 11% (с 1,46 до 1,62 ц/га). Кормовые затраты при кормлении пшеничными отходами уменьшены на 19% (с 4,7 до 3,8 ед.), себестоимость рыбы снижена на 9% (с 332,0 до 302,0 руб./ц).

Список использованных источников

1. Агеец В.Ю. О возможности использования отходов крахмального производства (картофельной мезги) в рыбоводных прудах / В.Ю. Агеец, Г.П. Воронова, О.М. Таврыкина, С.И. Ракач, Д.С. Павлович // Вопросы рыбного хозяйства:сб. науч. тр.–Минск.–2020. –Вып.36.– С.86-92.
2. Агеец В.Ю. Применение отходов крахмального производства для увеличения продуктивности рыбоводных прудов / В.Ю. Агеец, Г.П. Воронова, О.М. Таврыкина, С.И. Ракач, Д.С. Павлович // Вопросы рыбного хозяйства:сб. науч. тр.–Минск.–2020. –Вып.36.– С.93-98.
3. Воронова Г.П. Применение отходов и побочных продуктов пищевой промышленности для стимуляции развития кормовых организмов для рыб / Г.П. Воронова [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб.научн.тр. – 2009. – Вып. 25. – С. 152-160.
4. Воронова, Г.П. Использование в рыбоводстве нетрадиционных видов удобрений / Г.П. Воронова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб.научн.тр. – 2011. – Вып. 27.–С. 42-50.
5. Воронова Г.П. Эффективность применения в рыбоводстве нетрадиционных видов удобрений / Г.П. Воронова, Л.А. Куцко, Г.Г. Адамчик, В.Д. Сенникова, Н.Н. Гадлевская // Развитие аквакультуры в условиях XXI века.– Материалы междунар.научно-практ.конф., Минск, 23-27 августа 2004. – Минск: ОДО Тонник, 2004. – С.279-252.
6. Кражан С.А. Использование нетрадиционных органических удобрений для повышения естественной кормовой базы выростных прудов /С.А. Кражан, Т.В. Григоренко, Н.И. Цопь // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб.научн. трудов – 2008. – Вып.24.–С.110-111.
7. Морузи И.В. Определение величины естественной рыбопродуктивности прудов / И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, П.В. Белоусов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2016, №2. – С.50-52.
8. Столович В.Н. О возможности повышения естественной продуктивности прудов, удобряемых фосфогипсом / В.Н. Столович [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб.научн.тр. – 2003. – Вып. 19. – С. 139-143.
9. СТБ 1943-2009. Вода рыбоводческих прудов. Требования Госстандарт.– Минск, – 2009. – 10 с.

УДК 574.21:581.526.325.2

АЛЬГОФЛОРА РЕКИ ЧЕРНАЯ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ерискин А. Е.[1], Розумная Л.А.[2]

[1]*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный социальный университет», a.eriskin@mail.ru*

[2]*Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», rozumnaya65@mail.ru*

ALGOFLORA OF THE BLACK RIVER IN THE MOSCOW REGION

Eriskin A.E., Rozumnaya L.A.

Резюме. *Изучен таксономический состав водорослей реки Черная Московской области. Самым распространенным является отдел Bacillariophyta, а самый малочисленный отдел Cyanophyta. Из 38 видов, найденных в пробах, 26 являются индикаторами сапробности воды. Индекс сапробности S=1,93, что соответствует III классу чистоты воды (умерено загрязненная).*

Ключевые слова: *водоросли, река Черная, альгоиндикация, индекс сапробности.*

Summary. *The taxonomic composition of the algae of the Black river in the Moscow Region has been studied. The most widespread division is Bacillariophyta, and the smallest division is Cyanophyta. Of the 36 species found in the samples, 26 are indicators of water saprobity. Saprobity index S = 1,93 - III class of water frequency (moderately polluted).*

Key words: *algae, Black river, algoindication, saprobity index*

Сохранение качества и рациональное использование водных ресурсов страны является неотъемлемой частью условия устойчивого развития и экологической безопасности России, так как качество природных вод обусловливает стабильность экосистем в целом и предопределяет качество жизни и здоровье населения в частности. Особое значение в управлении качеством водных ресурсов имеет мониторинг качества поверхностных вод малых рек. Малые реки формируя сток средних и больших рек, играют важную роль в формировании качества их вод. Эти водотоки очень чувствительны к искусственным изменениям условий формирования стока в их бассейне, так как

они значительно быстрее, чем средние и тем более большие реки, меняют качество и количество своих вод под влиянием техногенных нагрузок [6].

В отличие от крупных рек экологический мониторинг поверхностных вод малых водотоков не проводится или проводится с периодичностью, которая не может дать своевременную информацию об источнике загрязнения и принятия должных решений [3]. В последние десятилетия наблюдается усиление антропогенной нагрузки на экосистемы малых рек Подмосковья. Для контроля загрязнения рек и прогноза их дальнейшего состояния, необходимо проводить гидробиологический мониторинг, одной из составных частей которого является изучение фитопланктона. Водоросли – индикаторы состояния водных объектов и изменений, которые происходят в них. За изменением химического, биологического и других загрязнений следует изменение состава и состояния альгофлоры. Метод альгоидикации является несложным, но достаточно информативным.

Цель исследований – изучение таксономического разнообразия альгофлоры и определения индекса сапробности реки Черная Московской области.

Материал и методы исследований

Пробы отбирались с мая по октябрь в 5 точках, расположенных в микрорайоне Железнодорожный Балашихинского района (рис. 1).

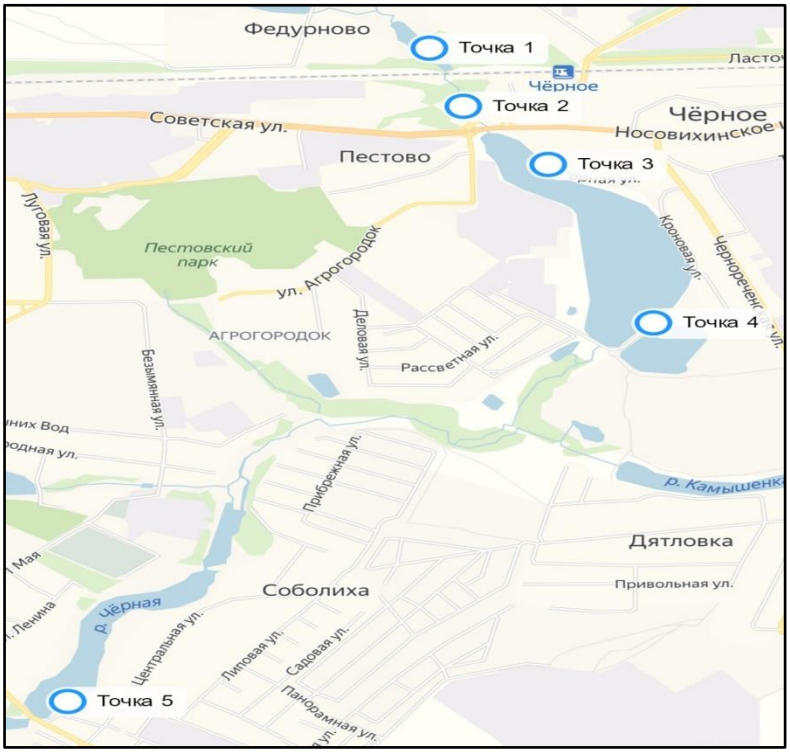


Рисунок 1 - Карта-схема района исследования с указанием точек отбора проб

Сбор и обработка материала проводились по общепринятым методикам [7]. Всего было отобрано 60 гидробиологических проб и проанализировано более 300 временных препаратов [2]. При определении таксономического состава фитопланктона использовали справочники и определители водорослей [1,4,5]. Индекс сапробности по фитопланктону рассчитывался по таблицам организмов-индикаторов Сладечека и формуле Пантле и Букка [8]:

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h} \qquad (1)$$

где S – индивидуальная сапробность каждого вида, h – частота встречаемости вида.

Результаты исследований

За период исследования было обнаружено 38 видов водорослей, среди них датомовые (*Bacillariophyta)* - 28, зеленые **(***Clorophyta***)** - 9, сине-зеленые (*Cyanophyta*)-1 (табл.1).

Таблица 1- Видовой состав альгофлоры реки Черная

Отдел Bacillariophyta
Класс Pennatophyceae
Amphora ovalis, Asterionellaformosa, Cymbella parva, Cymbellacistula, Diatoma vulgare, Fragilaria capucina, Gomphonema acuminatum, Gomphonemaconstrictum, Meridioncirculare, Naviculagastrum, Naviculagracilis, Naviculaplacentula, Naviculacryptocephala, Naviculaviridula, Navicularhynchocephala, Naviculatuscula, Neidiumproductum, Nitzschiadissipata, Pinnularia major, Pinnulariaviridis, Pinnulariamicrostauron, Synedra capitata, Synedra ulna, Synedra pulchella, Tabellaria fenestrate.
Класс Centrophyceae
Melosiravarians, Melosira granulate, Cyclotella sp.
Отдел Clorophyta
Closterium moniliferum, Closterium lunula, Cosmariumobsoletum, Pediastrum duplex, Spirogyra fluviatilis, Chlorella vulgaris, Mougeotia sp., Pediastrum ovatum, Scenedesmus quadricauda
Отдел Cyanophyta
Anabaena scheremetievi f. Recta.

Состав фитопланктона изменялся по сезонам в течение периода наблюдений (табл.2). Доминирующим по количеству видов являлся отдел Bacillariophyta, а самый малочисленный отдел - Cyanophyta.

Таблица 2 - Соотношение видов в отдельных сборах, река Черная

Отделы	Кол-во видов 01.05.19		Кол-во видов 07.06.19		Кол-во видов 01.08.19		Кол-во видов 08.10.19	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Bacillariophyta	15	75	23	79	25	76	8	73
Chlorophyta	4	20	6	21	8	24	3	27
Cyanophyta	1	5	-	0	-	0	-	0

Из всех обнаруженных водорослей 26 вида являлись индикаторами сапробности. Большинство из них относилось к β -мезосапробам.

Численность альгофлоры оценивалась по шкале Стармаха [1]: 1 – очень редко (1 – 5 экз. в препарате), 2 – единично (10 – 15 экз. в препарате), 3 – мало (25 – 30 экз. в препарате), 4 – порядочно (1 экз. в каждом ряду), 5 – много (несколько экз. в каждом ряду), 6 – очень много (несколько экз. в каждом поле зрения); и оформлена в виде графиков суммарных индексов встречаемости (рис. 2-5):

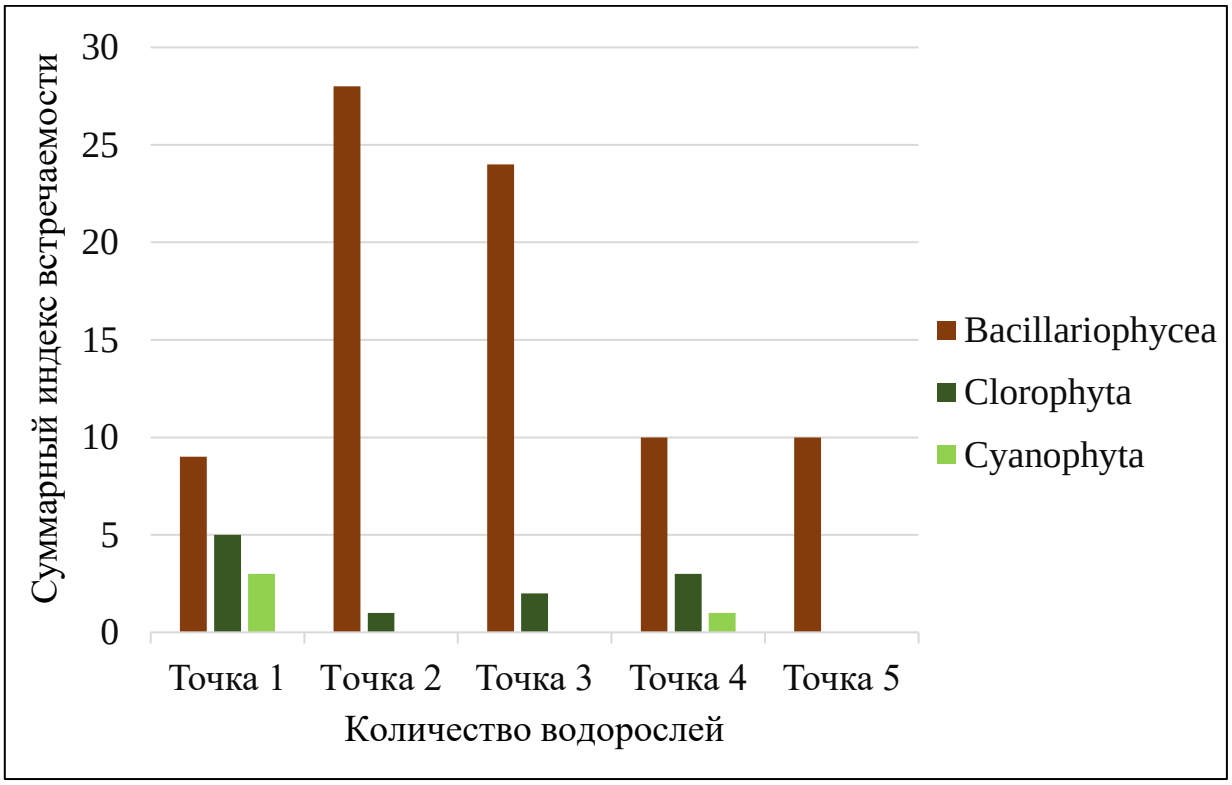


Рисунок 2 - Суммарные индексы встречаемости по точкам (май)

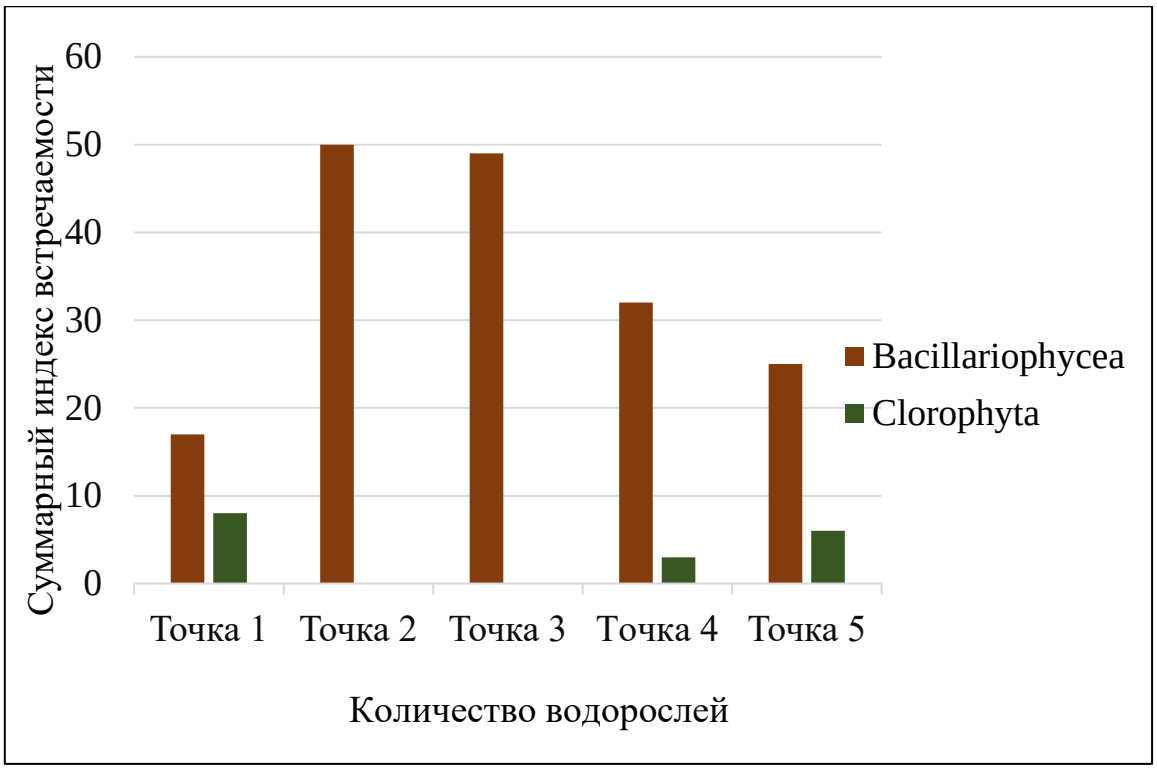


Рисунок 3- Суммарные индексы встречаемости по точкам (июнь)

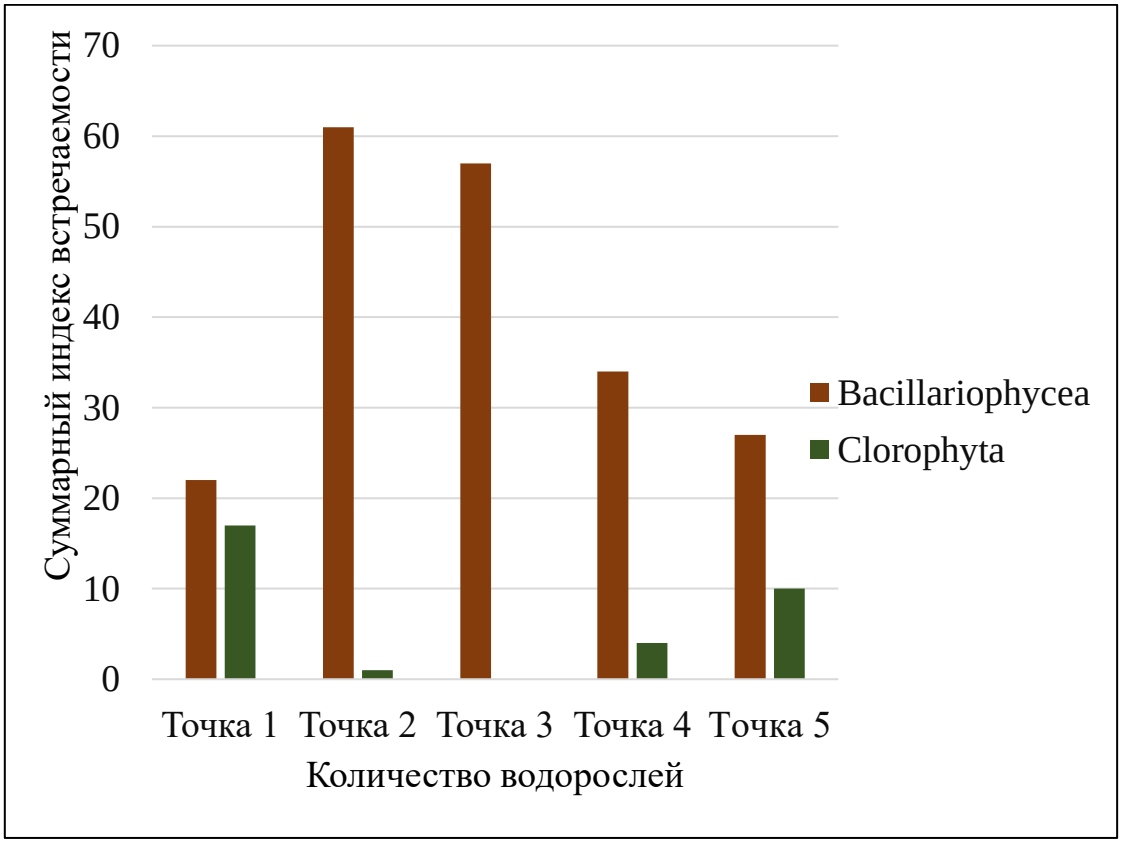


Рисунок 4 - Суммарные индексы встречаемости по точкам (август)

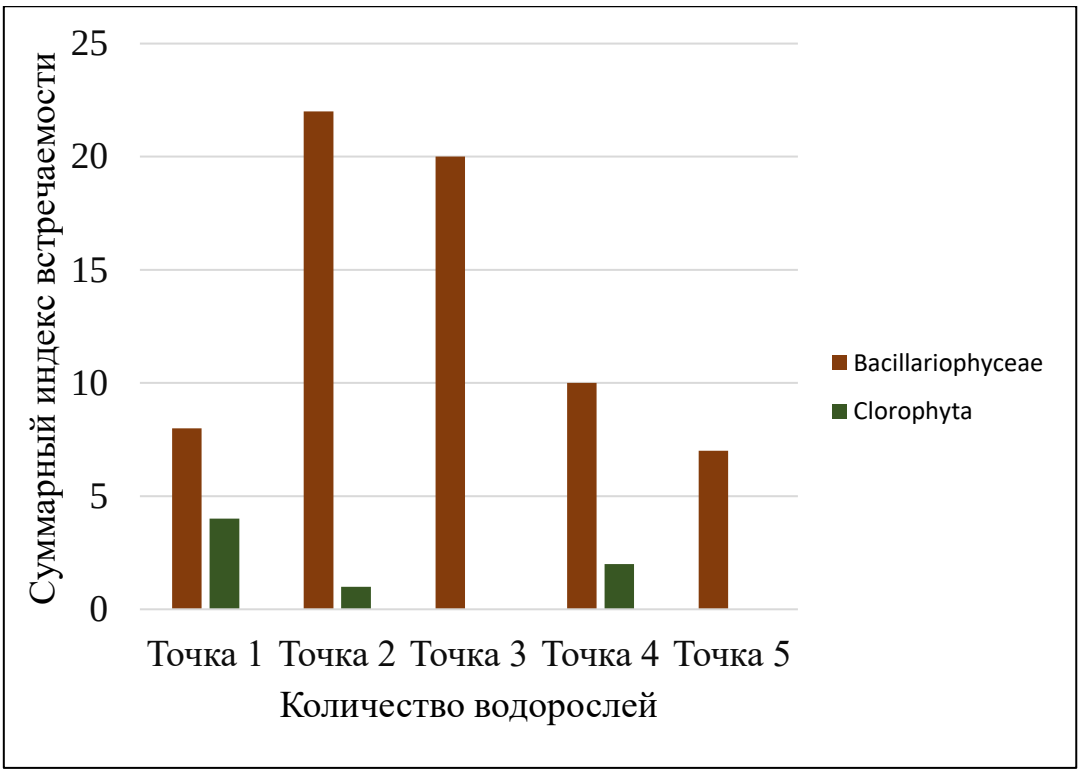


Рисунок 5 - Суммарные индексы встречаемости по точкам сбора (октябрь)

По количеству водорослей отдел Bacillariophyta более обширно представлен в точке 2 и точке 3, которые располагаются в районе Московской железной дороги Горьковского направления и пересечения двух шоссе – Восточное и Носовихинское.

На рисунках 6-9 показаны представители альгофлоры реки Черная:

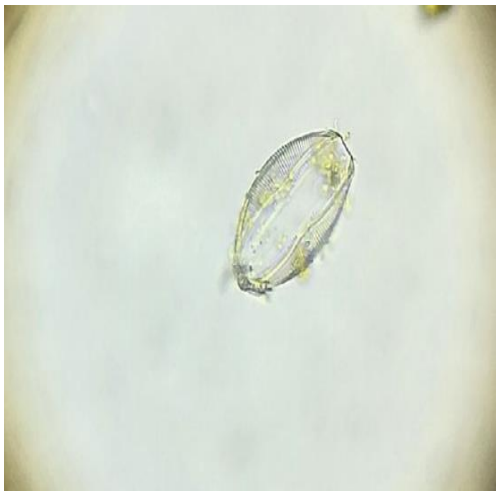


Рисунок 6 - Amphora ovalis (авт.)

Рисунок 7 - Pinnularia major (Kütz.) Cl.(авт.)

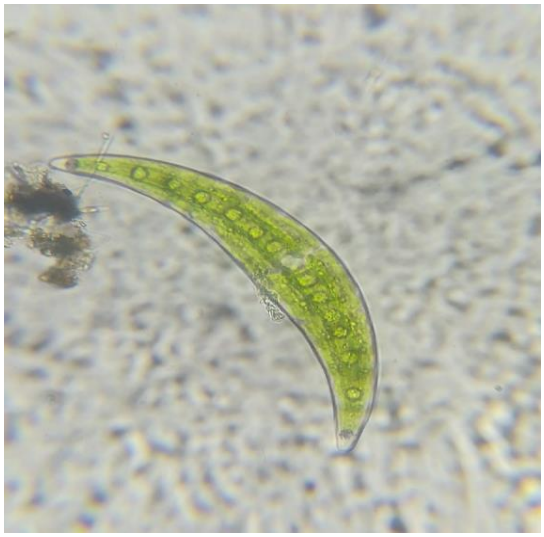


Рисунок 8 - Closterium moniliferum Bory (Ehrenb.) (авт.)

Рисунок 9 – Naviculatuscula (авт.)

Индекс сапробности по видовому составу фитопланктона составляет в среднем 1,93, что соответствует β-мезосопробной зоне и свидетельствуют об умеренном загрязнении реки (III класс частоты воды).

Заключение

Полученные в результате исследований данные позволяют судить о том, что альгофлора реки Черная Московской области представлена в основном диатомовыми и зелеными водорослями, присутствие сине-зеленых водорослей незначительно. Вода реки соответствует β-мезосопробной зоне и III классу чистоты (умеренно-загрязненная).

Список использованных источников

1. Водоросли. Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н- В., Масюк Н. П. [и др.]. — Киев: Наук, думка, 1989.— 608 с.
2. Ерискин А.Е. Диатомовые водоросли реки Черная – левый приток Пехорки (Московская область)// Экология и здоровье человека [Электронный ресурс]: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной профессору Ю.Д. Жилову (г. Москва, 28-29 февраля 2020 г.) / отв. Ред. Ю.П. Молоканова. – М.: ИИУ МГОУ, 2020. – 98-103 с.
3. Козленок А.А., Розумная Л.А. Экологический мониторинг поверхностных вод малых рек как основа обеспечения устойчивого развития и функционирования водных экосистем Российской Федерации / Материалы ежегодной заочной научно-практической коференции. - М.: Издательство: Академия МНЕПУ, 2014 . – т.2. – С. 283-286.

4. Определитель низших растений в пяти томах Т. I: Водоросли / Л.И. Курсанов, М.М. Забелина, К.И. Мейер [и др.]. - М.: Советская наука, 1953. - 396 с.

5. Определитель низших растений в пяти томах Т. II: Водоросли / Л. И. Курсанов, М.М. Забелина, К.И. Мейер [и др.]. - М.: Советская наука, 1953.– 312 с.

6. Попов М.А., Перетятько И.Б., Ежов П.Н. К вопросу охраны малых рек / Мат-лы межд. научно-практической конф. «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем», г. Москва, 2006. – М., 2006. – С.12-18.

7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983.

8. Sládeček V. System of water quality from biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol. 1973. Vol. 7. P. 1–218.

УДК 504.06 / 639.31

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ САДКОВОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ И МЕТОДЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

Жаравин Н.А., Никифоров А.И.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации», zharavin_01@mail.ru

ENVIRONMENTAL RISKS OF CAGE AQUACULTURE AND METHODS OF THEIR REDUCTION

Zharavin N.A., Nikiforov A.I.

Резюме: *В статье кратко обсуждаются основные экологические риски садковой аквакультуры; в частности, проанализированы такие экологические угрозы, как: органическое загрязнение (эвтрофикация), химическое загрязнение, генетическое загрязнение, опасность возникновения вспышек паразитарных и иных заболеваний (эпизоотий). Особое внимание уделено рассмотрению возможных методов минимизации обсуждаемых экологических рисков; также описаны такие возможные негативные эффекты для нативных экосистем, как пространственная и пищевая конкуренция в гидробиоценозах.*

Ключевые слова: *экологические риски, садковая аквакультура, индустриальная аквакультура, загрязнение водоемов, генетическое загрязнение, разведение лососевых, рыбоводческие хозяйства, эколого-паразитологический мониторинг.*

Summary: *The article briefly discusses the main environmental risks of cage aquaculture; in particular, such environmental threats as: organic pollution (eutrophication), chemical pollution, genetic contamination, the risk of parasitic and other diseases (epizootics) are analyzed. Particular attention is paid to the consideration of possible methods to minimize the discussed environmental risks; possible negative effects on native ecosystems, such as spatial and food competition in hydrobiocenoses, are also described.*

Key words: *environmental risks, cage aquaculture, industrial aquaculture, pollution of water bodies, genetic pollution, salmon farming, fish farms, sanitary-parasitological monitoring.*

В настоящее время промышленная аквакультура является динамично развивающимся направлением в сфере разведения и выращивания различных

водных организмов, предполагающим высокую степень интенсификации производства гидробионтов, а также высокий уровень его управляемости. Эти факторы обуславливают ключевую важность промышленной аквакультуры как перспективного источника биологически и энергетически ценных продуктов питания [7, 8].

В условиях роста численности населения планеты и всё увеличивающейся нагрузки на природные экосистемы возникает дефицит рыбных запасов (в том числе продукции аквакультуры), который, впрочем, может быть восполнен развитием ее индустриального направления, и прежде всего технологий управляемого культивирования гидробионтов [8].

В контексте мировых задач по минимизации экологических рисков животноводства, особое внимание уделяется садковой аквакультуре – не только как наиболее рентабельному методу выращивания рыбы и иных гидробионтов с точки зрения экономики хозяйства, но и как самому противоречивому – ввиду его многопланового негативного влияния на отдельные компоненты окружающей среды. Важной задачей при этом является снижение и контроль экологических рисков, с которыми сопряжен процесс выращивания различных водных организмов. Это позволит снизить финансовые затраты на ликвидацию возможных последствий производственных аварий - т. е. фактически сократить издержки, отражающиеся на конечной цене продукции, являющейся немаловажным аспектом для конечного потребителя [3, 6].

Одним из основных экологических рисков садковой аквакультуры является опасность возникновения вспышек различных заболеваний, в том числе и инфекционных (эпизоотий), которые могут спровоцировать гибель гидробионтов далеко за пределами территорий рыбоводных комплексов. Так, в последние годы наблюдалась массовая гибель дикой семги (Salmo salar) в Мурманской области – и многие специалисты связывают это с деятельностью крупной российской компании ООО «Русское море», занимающейся искусственным (садковым) разведением семги на Кольском полуострове. Согласно результатам исследований, проведённых рядом сертифицированных лабораторий, причиной поражения рыбы стало распространение малоизученного ульцеративного дермального некроза, поражающего участки тела рыбы и приводящего к развитию сапролегниоза. В условиях низкой температуры воды характерно длительное протекание болезни, в течение которого инфицированная особь постоянно является переносчиком возбудителя. Это, в конечном итоге, угрожает тотальным заражением всех популяций дикой семги Поморья [2, 3, 4].

Для предотвращения возникновения и распространения вспышек инфекционных заболеваний при выращивании гидробионтов садковым методом необходимо четкое соблюдение технологий, а также проведение постоянного

мониторинга и производственного контроля. Проведение эколого-паразитологического мониторинга рыбы в садках, а также взаимодействие местных рыбаков с рыбоводческими хозяйствами также может помочь последним отслеживать актуальную информацию о появлении на определенной территории единичных (и, тем более, массовых) случаев заболеваний рыбы [6].

С целью профилактики заболеваний гидробионтов рыбоводческие хозяйства нередко используют некоторые пестициды, которые достаточно эффективны в борьбе с паразитами (лососевая вошь), однако губительны для ихтиоценозов в целом. Важно отметить, что при выращивании водных организмов садковым методом на разных этапах производства используется большое количество химических веществ, которые могут быть опасны для окружающей среды. К ним относятся средства для обработки садков, препятствующие обрастанию их водорослями (альгициды); антибактериальные и антипаразитарные препараты, а разнообразные моющие и чистящие вещества. Для минимизации экологических рисков, связанных с необходимостью использования подобных веществ, важно соблюдать рациональное соотношение между масштабом предприятия, практикующего садковый метод выращивания гидробионтов, и размерами водоема, используемого для размещения садков. В совокупности со сбалансированным внесением химических веществ это способствует предотвращению экологических кризисов в водных экосистемах, используемых для разведения рыбы в садках [2, 3, 7].

Одним из серьезных экологических рисков садковой аквакультуры также является органическое загрязнение, характеризующееся отложением на дне водного бассейна фекалий и несъеденного рыбой корма. Накопление органических остатков может привести к росту биологической продуктивности водоема и мощному развитию в нем цианобактерий, способных выделять опасные для живых организмов токсины и вызывать дефицит кислорода. В совокупности эти эффекты могут приводить к массовой гибели рыб и других гидробионтов, что в итоге оборачивается деградацией экосистемы [1, 2, 3].

Также в последнее время широкий общественный резонанс получила острая экологическая проблема садковой аквакультуры, связанная с бегством выращиваемых особей из садков. Стоит отметить, что данная проблема не обходит стороной ни мелкие, ни крупные рыбоводческие хозяйства (в том числе те, которые занимаются разведением лососевых в естественных акваториях). Средства массовой информации часто сообщают о подобных случаях на лососевых фермах в Чили и Норвегии. Несмотря на то, что ежегодно из садков убегает лишь небольшой процент особей, абсолютная численность сбежавших рыб остаётся весьма значительной в абсолютном выражении, что объясняется растущими масштабами производства, а также депрессивным состоянием естественных популяций. [6, 7].

Распространение по акватории улизнувших из садков особей разных возрастов является серьезным фактором влияния на естественные популяции. В настоящее время это воспринимается как прямая угроза биоразнообразию водных экосистем и состоянию запасов диких рыб. В результате подобного неконтролируемого генетического загрязнения природных популяций (состоящих из естественно эволюционировавших особей, обладающих полезными для определенных экологических условий признаками), могут происходить необратимые изменения в ихтиоценозах [2, 3, 6, 7].

Особую остроту данному типу рисков придаёт объективная невозможность эффективного и оперативного контроля за подобными изменениями генетических параметров природных популяций.

Кроме описанных выше основных экологических рисков садковой аквакультуры можно выделить также ряд других негативных эффектов. Так, в случае, когда садковые хозяйства занимают значительные пространства на продуктивных акваториях, наблюдается пространственная конкуренция диких особей с выращиваемыми в садках, т.е. фактически можно говорить о рисках вытеснения естественной ихтиофауны. Кроме этого, распространённой практикой являются конфликты с местными хищниками (птицами и млекопитающими), с которыми рыбоводческие хозяйства вынуждены вести борьбу, тем самым неминуемо вмешиваясь в ход естественных природных процессов. Безусловно, в обоих упомянутых случаях происходит ощутимый (и, зачастую, невосполнимый) ущерб биологическому разнообразию [2, 3].

Поэтому решение о размещении садковых рыбоводных хозяйств в естественных акваториях должно приниматься только после проведения всесторонней оценки экологического риска данного предприятия.

Следует особо подчеркнуть, что для Российской Федерации развитие садковой аквакультуры относится к числу перспективных направлений развития животноводства. Именно поэтому в Федеральном Законе № 148 «Об аквакультуре (рыбоводстве)…» (в ред. от 08.12.2020 г) закреплен принцип, согласно которому аквакультура должна осуществляться способами, не допускающими нанесения ущерба окружающей среде и водным биологическим ресурсам [5, 6].

Таким образом, следует отметить, что, несмотря на высокую рентабельность и технологичность, развитие садковой аквакультуры связано с довольно высокими экологическими рисками, снижение которых (принимая во внимание активное развитие данного направления в мире) должно стать в перспективе приоритетной задачей для данной отрасли рыбоводства. В противном случае окружающей среде может быть нанесен серьезный (и даже непоправимый) ущерб, нивелирующий все объективные преимущества садковой аквакультуры.

Список использованных источников

1. Жаравин Н. А., Никифоров А. И. Актуальные вопросы обеспечения биологической безопасности в пресноводной аквакультуре //Новейшие генетические технологии для аквакультуры. – 2020. – С. 157-162.
2. Над поморской сёмгой нависла серьёзная угроза [Электронный источник] - URL: https://www.agroxxi.ru/zhivotnovodstvo/stati/nad-pomorskoi-syomgoi-navisla-seryoznaja-ugroza.html (дата обращения: 20.02.2021)
3. Позиция WWF России по вопросу садковой аквакультуры (рыборазведения) [Электронный источник] - URL: https://wwf.ru/about/positions/sadkovaya-akvakultura-ryborazvedenie/ (дата обращения: 20.02.2021)
4. Причиной гибели семги в реках Тулома и Кола явился ульцеративный дермальный некроз [Электронный источник] - URL: https://gov-murman.ru/info/news/194053/ (дата обращения: 20.02.2021)
5. Федеральный закон от 02.07.2013 № 148-ФЗ (ред. от 08.12.2020) "Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" / [Электронный источник] - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148460/688eed71193b5495a363664ed1cd6897770063da/
6. Halwart M., Soto D., Arthu J. R. Садковая аквакультура. Региональные обзоры и всемирное обозрение //Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству. – 2010. – №. 498. – С. 259.
7. Nash C. E., Burbridge P. R., Volkman J. K. Guidelines for ecological risk assessment of marine fish aquaculture1, 2 //Understanding and applying risk analysis in aquaculture. – 2008. – С. 135.
8. The state of world fisheries and aquaculture. – Rome: FAO, 2018 – p.227

УДК 597.553.2-115:575.174.015.3

МОНИТОРИНГ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА СИГОВЫХ РЫБ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ

Жигилева О.Н., Селюков А.Г., Мельничук А.Д., Матасова Д.А.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет», Министерство науки и образования, zhigileva@mail.ru

MONITORING AND PRESERVATION OF GENETIC POLYMORPHISM OF SIG FISH UNDER ARTIFICIAL REPRODUCTION

Zhigileva O.N., Selyukov A.G., Melnichuk A.D., Matasova D.A.

Резюме. *Получены оценки генетического полиморфизма трех видов сиговых рыб на ранних стадиях развития, выращиваемых на разных предприятиях рыбоводного профиля. Показано, что наибольшие показатели наблюдаются у муксуна (P = 80%, h = 0.32), наименьшие – у тугуна (P = 73.9%, h = 0.25). В выборках чира с разных предприятий показатели полиморфизма различаются в 2–3 раза (P = 45.5–100%, h = 0.13–0.35). Подчеркивается необходимость проведения генетического мониторинга искусственно воспроизводимых стад с целью сохранения генетических ресурсов сиговых рыб.*

Ключевые слова: *Coregonus nasus, Coregonus muksun, Coregonus tugun, генетические ресурсы, аквакультура.*

Summary. *Estimates of genetic polymorphism of three species of coregonid fish at early stages of development, reared at different fish-breeding enterprises, were obtained. It was shown that the highest polymorphism was observed in Coregonus muksun (P = 80%, h = 0.32), the lowest in Coregonus tugun (P = 73.9%, h = 0.25). In the samples of Coregonus nasus from different enterprises, the polymorphism indicators differed 2-3 times (P = 45.5–100%, h = 0.13–0.42). The need for genetic monitoring of artificially reproduced stocks in order to preserve the genetic resources of coregonids is emphasized.*

Key words*: Coregonus nasus, Coregonus muksun, Coregonus tugun, genetic resources, aquaculture.*

Сиговые рыбы – ценные промысловые виды и перспективные объекты аквакультуры. Из-за высокой промысловой нагрузки природные популяции многих видов сиговых рыб находятся в критическом состоянии. Несмотря на регламентацию промысла вплоть до введения полного запрета на добычу

некоторых видов, нелегальный лов продолжается, угрожая полной утратой генетических ресурсов отдельных популяций в ближайшие десятилетия.

Частично решить проблему сохранения генетических ресурсов этих ценных видов может искусственное воспроизводство. Попытки введения в аквакультуру сиговых рыб предпринимаются во многих странах, в том числе в России [Черняев, 2017]. Опыт многолетних популяционно-генетических исследований лососевых рыб свидетельствует о том, что генетический мониторинг природных и заводских популяций служит основой для любых программ сохранения и восстановления генофонда и поддержания численности видов [Алтухов и др., 1997; Андрияшева, 2011; Шпигальская и др., 2012]. Для поддержания оптимального генетического разнообразия как искусственно воспроизводимых стад сиговых рыб, так и подращиваемой с целью дальнейшего выпуска в естественные водоемы молоди, необходимо проведение генетического мониторинга.

Для генетического мониторинга искусственных и природных популяций сигов необходима разработка недорогих и относительно простых в исполнении методов, которые позволят изучать происходящие в них генетические процессы и решать ряд прикладных задач. Интенсивное развитие методов молекулярной генетики привело к возникновению множества разновидностей генетических маркеров, значительно отличающихся как по своей разрешающей способности, так и по задачам, которые удается решить с их применением [Сулимова, 2004; Хлесткина, 2013]. Использование некоторых из них для изучения сиговых рыб сопряжено с рядом ограничений и сложностей, обусловленных, например, частичной тетраплоидностью их генома [Боровикова, 2016]. Наиболее простыми в исполнении и недорогими являются мультилокусные ДНК-маркеры. Их использование для мониторинга генетического разнообразия популяций оправдано тем, что они позволяют дать комплексную оценку изменчивости генома, включая кодирующую и некодирующую его части, без привязки к конкретным генам.

Цель данной работы – сравнительная оценка генетического полиморфизма трех видов сиговых рыб и его изменений в условиях искусственного воспроизводства.

Материал и методы. Объектами исследования служили эмбрионы, личинки и молодь трёх видов сиговых рыб: чира *Coregonus nasus* Pallas, 1776, муксуна *Coregonus muksun* Pallas, 1814 и тугуна *Coregonus tugun* Pallas, 1814. Икра муксуна была добыта в период нереста на Средней Оби в 2019 году и инкубировалась в условиях Собского рыбоводного завода. Тугун был выращен в Тобольском инкубационном цехе, источником для формирования стада послужили производители из р. Ляпин (2007 год). Личинки чира были выращены в условиях Собского рыбоводного завода из икры, полученной из природной популяции чира

р. Собь (2020 год). Также были изучены эмбрионы и молодь природной популяции чира из бассейна р. Обь, эмбриональное развитие которых проходило в Тобольском инкубационном цехе и рыбоводном модуле ТюмГУ. Для сравнения использовали эмбрионы и молодь чира, выращиваемого в рыбоводном хозяйстве ООО «Форват» в Приозерском районе Ленинградской области в течение нескольких поколений.

Препараты тотальной ДНК получали из эмбрионов, личинок и молоди рыб, фиксированных в 70% этаноле, с использованием метода щелочного лизиса. Всего был изучен 172 образца, в том числе 32 – тугуна, 27 – муксуна и 113 – чира. Генотипирование рыб производили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) последовательностей, ограниченных простыми повторами (ISSR) с использованием четырех праймеров: UBC-808, UBC-809, UBC-807 и UBC-818 [Zietjiewicz et al., 1994]. ПЦР проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей буфер (0.01 М Трис-HCl, 0.05 М KCl, 0.1% Тритон X-100), 4 мМ $MgCl_2$, 0.2 мМ каждого из dNTP, 1 мкл раствора ДНК, 0.2 ед./мкл Taq-полимеразы и 2.5 мМ праймера. Амплификацию проводили в следующем режиме: 94 °С – 7 мин; затем 30 циклов: 94 °С – 30 с, 52(56) °С – 45 с, 72 °С – 2 мин; затем 72 °С – 7 мин. Генотипирование проводили дважды для проверки результатов на воспроизводимость. Продукты ПЦР анализировали в 2% агарозном геле.

Математическая обработка результатов проводилась с использованием программы PopGen [Yeh et al., 1999]. Рассчитывали частоты бэндов, долю полиморфных бэндов (P), среднюю ожидаемую гетерозиготность (h), эффективное число аллелей (n_e). Для сравнения выборок чира с разных предприятий применяли индекс генетического сходства (I), генетическую дистанцию Нея (D), показатель генетической дифференциации (G_{ST}).

Результаты. У чира с использованием четырех праймеров было получено 58 бэндов, большинство из которых оказались полиморфными. У муксуна с использованием двух праймеров проанализировано 15 бэндов, у тугуна – 23 (табл. 1). Наиболее полиморфные паттерны выявлены в ПЦР с праймером P3 (рис.).

Из трех видов рыб наибольшее генетическое разнообразие выявлено у муксуна, у которого было полиморфно 80% локусов, средняя гетерозиготность составила 0.35; наименьшее – у тугуна (P = 73.9%, h = 0.25). Выборки чира с разных предприятий различались по уровню полиморфизма в 2–3 раза (табл. 2). Наибольшие показатели были выявлены у чира рыбоводного хозяйства «Форват»: полиморфность составила 100%, средняя ожидаемая гетерозиготность – 0.38. Сходные показатели полиморфизма выявлены у чира, содержащегося в рыбоводном модуле ТюмГУ – 90% и 0.35, соответственно. В то же время у чира из р. Собь зафиксировны наименьшие показатели полиморфизма (P = 45.5%, h = 0.13).

Таблица 1 - ISSR-праймеры, использованные для изучения полиморфизма сиговых рыб

Праймер	P1	P2	P3	P4
Международный код праймера	UBC-808	UBC-809	UBC-807	UBC-818
Состав праймера	$(AG)_8C$	$(AG)_8G$	$(AG)_8T$	$(CA)_8G$
Температура отжига праймера, °C	52	56	52	52
Количество бэндов (в том числе полиморфных) у чира	15 (14)	19 (15)	13 (13)	11(9)
Количество бэндов (в том числе полиморфных) у муксуна	7 (6)	-	8 (6)	-
Количество бэндов (в том числе полиморфных) у тугуна	11 (5)	-	12 (12)	-

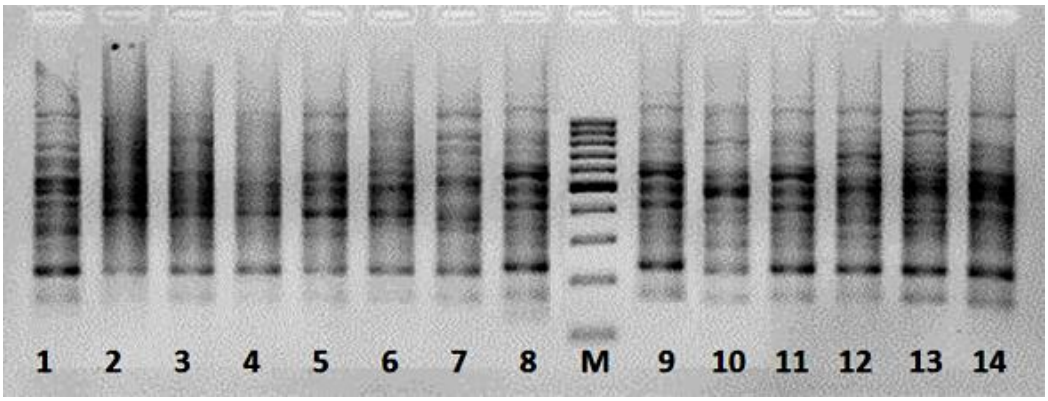


Рисунок 1 - ISSR-профили гель-электрофореза эмбрионов *C. nasus*, полученные с использованием праймера UBC807: M – маркер длины ДНК; 1–14 – различные особи; 2% агарозный гель, бромид этидия

Таблица 2 - Показатели ISSR полиморфизма сиговых рыб

Вид рыб	Источник	Стадия развития	*n*	*P*	*h*	n_e
Тугун	р. Ляпин, Тобольский инкубационный цех	молодь	32	73.91	0.25	1.43
Муксун	р. Обь, Собский рыбоводный завод	эмбрионы	27	80.00	0.34	1.64
Чир	р. Собь, Собский рыбоводный завод	личинки	23	45.45	0.13	1.22
	р. Обь, Тобольский инкубационный цех	эмбрионы и молодь	33	61.54	0.25	1.46
	р. Обь, рыбоводный модуль ТюмГУ	эмбрионы и личинки	22	90.00	0.35	1.65
	р. Обь, рыбное хозяйство ООО «Форват»	эмбрионы и молодь	35	100.0	0.38	1.65
	чир, в среднем		113	74.25	0.28	1.50

У чира из рыбного хозяйства, где он искусственно воспроизводится за счет собственного стада производителей в течение нескольких поколений, были обнаружены статистически значимые различия с выборками особей, полученных в результате естественного нереста, по частотам девяти бэндов: p1-1, p1-3, p1-5, p1-6, p1-7, p1-8, p1-10, p1-11, p1-13 ($p < 0.05$). Показатели генетической дифференциации между этими выборками были высокими ($G_{ST} = 0.197$, $I = 0.774$, $D = 0.256$). Это свидетельствует об изменении генетической структуры рыб при искусственном разведении. В то же время, образцы из рыбного хозяйства и полученные от производителей из природных популяций достоверно не различались по частотам бэндов pl-2, pl-4, pl-9 и pl-12, что может быть связано с их происхождением из общего источника (популяция *C. nasus* из р. Обь).

Обсуждение. В целом, показатели ISSR полиморфизма изученных видов сиговых рыб оказались сопоставимы с таковыми из природных популяций других видов рыб Сибири, изученных нами с использованием этого вида маркеров. Так, у карповых рыб (язя *Leuciscus idus* Linnaeus, 1758, ельца *Leuciscus idus* Linnaeus, 1758 и плотвы *Rutilus rutilus* Pallas, 1811) полиморфность варьирует в пределах 83–86%, гетерозиготность – 0.26–0.36 [Zhigileva et al., 2013]. У щуки *Esox lucius* Linnaeus, 1758 и речного окуня *Perca fluviatilis* Linnaneus, 1758 показатели полиморфизма равны 69.6 и 85%, гетерозиготности – 0.24 и 0.28, соответственно [Жигилева и др., 2017]; у ротана-головешки *Perccottus glenii* Dydowski, 1877 – 72.7% и 0.26 [Zhigileva, Kulikova, 2016].

Из трех изученных видов сиговых рыб относительно более низкие показатели полиморфизма характерны для тугуна, эндемика Сибири, и могут быть объяснены его локальным распространением. Выборка муксуна, полученная от естественно нерестящихся производителей природной популяции р. Обь, демонстрирует достаточно высокий уровень гетерозиготности (0.34) и полиморфности (80%), приблизительно равный аналогичным показателям широко распространенных карповых рыб (плотвы и ельца). Это свидетельствует о достаточно высоком генетическом потенциале обской популяции муксуна, несмотря на ее критическое состояние.

У чира средний уровень ISSR полиморфизма (P = 74%, H = 0.28) несколько ниже, чем у муксуна, что согласуется с данными, полученными с использованием других методов, в частности, аллозимного анализа [Сендек, 2000]. Относительно низкие показатели полиморфизма чира по сравнению с другими видами сиговых рыб объясняются особенностями его биологии, узкой пищевой специализацией, локальным распространением, а также соотносятся с относительно невысоким уровнем фенотипического разнообразия и экологической пластичности этого вида.

В то же время, у чира с разных рыбоводных предприятий эти показатели существенно варьировали как в большую, так и меньшую сторону. Изменение показателей полиморфизма и гетерозиготности может быть связано как с чисто статистическими и случайными явлениями (с подбором пар, низкой эффективной численностью искусственных популяций, смешением рыб из разных локальных популяций), так и с адаптацией рыб к условиям искусственного содержания. Использование ограниченного числа производителей, или наоборот, высокая гетерогенность искусственных популяций в результате смешения особей из разных бассейнов особенно опасны в случае возврата подрощенной молоди в природную среду, поскольку могут привести к изменению уровня полиморфизма и генетической структуры природных популяций.

Заключение. Высокий уровень полиморфизма, составляющий основу экологической пластичности сиговых рыб, может быть утрачен в результате их искусственного воспроизводства, о чем свидетельствуют данные о двух-трехкратном снижении показателей изменчивости чира на ряде предприятий рыбоводного профиля, а также сдвиги в частотах бэндов, неизбежно происходящие при искусственном разведении. В то же время, наши данные свидетельствуют об отсутствии утраты генетического разнообразия *C. nasus* в аквакультуре в течение пяти поколений в рыбоводном хозяйстве «Форват». Рациональный подход к подбору производителей и мониторинг генетического разнообразия искусственно воспроизводимых популяций являются основой для сохранения генетических ресурсов сиговых рыб. Для проведения генетического мониторинга может быть рекомендован доступный и относительно простой в исполнении метод ISSR-PCR. В качестве оптимального уровня изменчивости для изученных видов сиговых рыб могут быть установлены показатели ISSR полиморфизма в пределах: P = 74–80% и h = 0.25–0.34.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства ЯНАО (рег. № 19-44-890009). Выражаем благодарность Клесникову Д.Н. и Ефремовой Е.В. (ООО «НПО Собский рыбоводный завод»), В.А. Богдановой (СПб филиал ВНИРО «ГосНИОРХ им. Л.С. Берга») и Колосовой Н.С. (ТюмГУ) за содействие в сборе и обработке материала.

Список использованных источников

1. Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука, 1997. 117 с.

2. Андрияшева М.А. Генетические аспекты разведения сиговых рыб. С-Пб.: ГосНИОРХ, 2011. 639 с.

3. Боровикова Е.А. Молекулярно-генетические исследования в решении проблем филогении и филогеографии сиговых рыб (Coregonidae) // Труды ИБВВ РАН, 2016. 73(76). С. 46-63.

4. Жигилева О.Н., Егорова А.Г., Хохлов Д.А. Особенности генетики популяций некоторых видов хищных рыб Обь-Иртышского бассейна // Проблемы популяционной биологии: материалы XII Всероссийского популяционного семинара памяти Н.В. Глотова (1939–2016), Йошкар-Ола, 11–14 апреля 2017 г. Йошкар-Ола: ООО ИПФ «СПРИНГ», 2017. С. 91-93.

5. Сендек Д.С. Филогенетический анализ сиговых рыб сем. Coregonidae методом белкового электрофореза : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.10. СПб., 2000. 214 с.

6. Сулимова Г.Е. ДНК-маркеры в генетических исследованиях: типы маркеров, их свойства и области применения // Успехи современной биологии, 2004. Т. 124. С. 260-271.

7. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2013. Т.17, № 4/2. С. 1044-1054.

8. Черняев Ж.А. Воспроизводство сиговых рыб. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 329 с.

9. Yeh F. C., Yang R., Boyle T. Popgene. Version 1.31. Univ. Alberta and Centre Int. Forestry Res. 1999.

10. Zhigileva O.N., Baranova O.G., Pozhidaev V.V., Brol I.S., Moiseenko T.I. Comparative analysis of using isozyme and ISSR-PCR markers for population differentiation of cyprinid fish // Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 2013. V. 13. P. 159-168.

11. Zhigileva O.N., Kulikova A A. Specific biological features and genetic variation of Chinese sleeper *Perccottus glenii* (Odontobutidae) in aquatic bodies of Tyumen oblast // J. Ichthyol. 2016. V. 56, N 1. P. 124–132.

12. Zietjiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification // Genomics. 1994. V. 20. P. 176-183.

УДК 639.311

ВЫРАЩИВАНИЕ НИЛЬСКОЙ ТИЛЯПИИ (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) НА ПРЕДПРИЯТИИ РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРМА МЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Закари Мибуро[1], Буторе Жозеф[1], Мунянеза Наполеон[1], Ахмеджанова А.Б. [2]

[1]Университет Бурунди, Бужумбура, Республика Бурунди, zacharym@mail.ru

[2] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Астраханский государственный технический университет», Федеральное агентство по рыболовству,

CULTIVATION OF THE NILE TILAPIA (OREOCHROMIS NILOTICUS) AT THE ENTERPRISE OF THE REPUBLIC OF BURUNDI, USING LOCALLY PRODUCED FEED

Zacharie Miburo, Butore Joseph, Munyaneza Napoleon, Akhmedzhanova A.B.

Резюме. *Развитие аквакультуры является путем улучшения экономического развития и обеспечения продовольственной безопасности в мире. Выращивание тиляпии в Бурунди, где аквакультура пока мало развита, возможно, станет одной из перспективных отраслей Агропромышленного комплекса. Были проведены исследования по выращиванию тиляпии на рыбоводном предприятии республики Бурунди, с применением корма из местного сырья. В статье проанализированы данные по рыбоводно-биологическим показателям нильской тиляпии. Полученные данные позволяют утверждать, что культивирование тиляпий на рыбоводном предприятии Бурунди дало удовлетворительные рыбоводно-биологические показатели.*

Ключевые слова: *аквакультура, Африка, республика Бурунди, тиляпия, кормление, рыбоводно-биологические показатели, обеспечение продовольственной безопасности.*

Summary. *The development of aquaculture is the way to improve economic development and ensure food security in the world. Tilapia cultivation in Burundi, where aquaculture is still poorly developed, may become one of the promising sectors of the Agro-industrial complex. Studies were conducted on the cultivation of tilapia at a fish farm in the Republic of Burundi, using feed from local raw materials. The article analyzes the data on the fish-breeding and biological indicators of the Nile tilapia. The obtained data suggest that tilapia cultivation at a fish-breeding enterprise in Burundi gave satisfactory fish-breeding and biological indicators.*

Key words: *aquaculture, Africa, Republic of Burundi, tilapia, feeding, fish-breeding and biological indicators, ensuring food security.*

Все живые существа на нашей планете, включая людей, нуждаются в пищевых ресурсах в достаточном количестве и качестве. Большая часть населения, особенно в Африке, все еще далека от самообеспечения продуктами питания, поскольку более 800 миллионов человек в развивающихся странах по - прежнему страдают от недоедания [Alimentation: l'Afrique, plus que jamais dépendante des importations, préviennent la FAO et l'OCDE, 2017]. Данные пищевые ресурсы относятся к нескольким категориям, и, в целом это, сельское хозяйство и животноводство, которые являются основными источниками продовольственных ресурсов. Одним из секторов, способных внести значительный вклад в борьбу с голодом в мире, является аквакультура, производство которой оценивается в 56 миллионов тонн. Согласно отчету ФАО (от 8 июня 2020 г.) о состоянии аквакультуры и мирового рыболовства ожидается, что мировое потребление рыбы вырастет до 204 миллионов тонн в 2030 году. Годовое потребление рыбы в мире составляет 20,5 кг на человека и может достигнуть 21,5 кг на человека к 2030 году. По данным ФАО, в республике Бурунди уровень потребления рыбы оценивается в 1,5 кг на человека в год, в то время как в Африке средний показатель составляет 8,3 кг, а в мире - 20,5 кг на человека в год [FAO, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, 2016].

Тиляпия отличается высокими вкусовыми качествами, содержит большое количество белка (20,1 г на 100 г), липидов (1,7 г на 100 г), витаминов и микроэлементов, таких как железо (90,56 мг на 100 г), фосфор (170 мг / 100 г), калий (302 мг / 100), натрий (52 мг / 100) и др. Разведение нильской тиляпии в тропической среде, имеет положительный эффект на рыбоводные показатели, так как за 6 месяцев рыба достигает товарной массы [Боронецкая, 2012].

Целью исследований являлось - изучить особенности рыбоводно-биологических показателей нильской тиляпии выращенной на рыбоводном предприятии республики Бурунди с применением корма местного производства. Объектом исследования послужила нильская тиляпия (*Oreochromis niloticus*). В Бурунди данный вид встречается в озере Танганьика, его притоках и в других реках региона Бужумбуры. Взвешивание и измерение рыбы проводили согласно рекомендациям, принятым в рыбоводстве [Правдин, 1966]. Суточную норму кормления определяли согласно кормовым таблицам в зависимости от средней массы рыб и температуры воды. Состояние и развитие рыб определяли по комплексу показателей, анализируя скорость увеличения размеров тела и наращивания мышечной массы [Castell et. al., 1979; Купинский и др., 1985]. Выживаемость рыб учитывали поштучным методом. Выращивание тиляпии проводили в бетонном бассейне площадью 9,50 м^2. Для выращивания молоди

тиляпии применялся гранулированный корм собственного производства, этот корм был сделан из ингредиентов, доступных на местных рынках Бурунди, состав полученного корма представлен на рисунке 1.

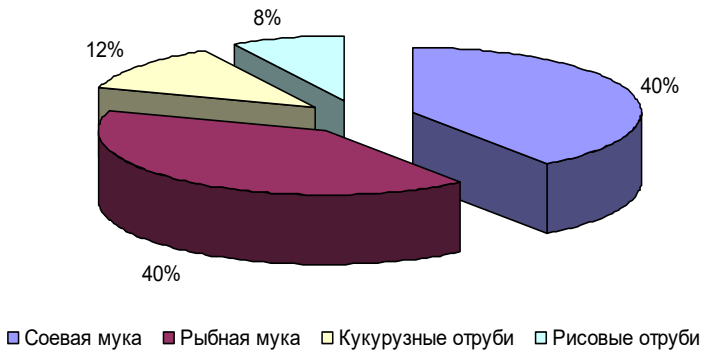


Рисунок 1 – Состав корма местного производства

Был проведен химический анализ данного корма по определению содержания протеина, в результате исследования выяснилось, что содержание белка было равным 31,6 %.

В таблице 2 представлена динамика роста нильской тиляпии. Средняя начальная масса рыб составила 13,1±1,2 г, конечная масса 83,3±2,6. Абсолютный прирост был равным 70,2 грамм. Среднесуточный прирост составил 0,09 г. Коэффициент массонакопления составил 0,07 ед. Коэффициент упитанности в начале эксперимента составил 2,06 ед. в конце этот показатель был равным 1,92 ед. ($p>0,05$).

Таблица 2 – Динамика роста нильской тиляпии

Показатель	Тиляпия (n=44)
Масса, г: начальная конечная	 13,1±1,2 83,3±2,6
Длина, см: начальная конечная	 8,6±1,4 16,3±4,7
Абсолютный прирост, г	70,2
Среднесуточный прирост, г	0,09
Среднесуточная скорость роста, %	2,2
Коэффициент массонакопления, ед.	0,07
Коэффициент упитанности: начальный конечный	 2,06±0,5 1,92±1,1
Выживаемость, %	75
Длительность эксперимента, сут.	84

Полученные данные по рыбоводно – биологическим показателям являются удовлетворительными, и согласуются с результатами других исследователей [Куракин и др., 2015; Kadende Daniel, 1990; Mpawenayo et. al., 2005].

В результате полученных данных на предприятии Бурунди, по рыбоводно – биологическим показателям нильской тиляпии выращиваемой в бетонных бассейнах с использованием корма местного производства, можно судить об удовлетворительном состоянии культивируемых рыб. Из результатов оценки рыбоводно – биологических показателей следует, что для рыб был характерен стабильный темп роста. Высокая выживаемость 75 %. Необходимо также отметить, что большинство рыб соответствуют нормативным значениям по рыбоводно – биологическим показателям по возрасту и виду данного объекта культивируемых в тропической среде [Kadende Daniel, 1990; Mpawenayo et. al., 2005].

Учитывая биологические характеристики тиляпий и климат Африки, хотелось бы, чтобы аквакультура и особенно выращивание тиляпий прижились в сельскохозяйственной отрасли республики Бурунди, это будет способствовать экономическому росту и обеспечит продовольственную безопасность данного региона.

Список использованных источников

1. Боронецкая, О.И. Использование тиляпии (Tilapiinae) в мировой и отечественной аквакультуре / О.И. Боронецкая // Известия ТСХА. – 2012. – № 1. – С. 164 – 173.

2. Куракин, И.В. Рецептура кормов для тиляпии, выращиваемой в индустриальных условиях / И.В. Куракин, Д.В. Михайличенко, С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых, Ю.М. Баканева, Е.П. Мирошникова // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2015. - № 6 (181). - С. 49–56.

3. Купинский, С.В. Радужная форель – предварительные параметры стандартной модели массонакопления / С.В. Купинский, С.А. Баранов, В.Ф. Резников // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах: сборник научных трудов – 1985. – С.109 – 115.

4. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

5. Alimentation: l’Afrique, plus que jamais dépendante des importations, préviennent la FAO et l'OCDE (2017). - URL: https://afrique.latribune.fr/entreprises/agriculture/2017-07-10/alimentation-l-afrique-plus-que-jamais-dependante-des-importations-previennent-la-fao-et-l-ocde-743455.html (дата обращения: 29.04.2021).

6. Castell, J.D. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of methodology in fi sh nutrition research / J.D. Castell, K. Tiews //

Hamburg, Federal Republic of Germany, 21–23 March, 1979. EIFAC Tech. Pap. — Hamburg, 1979. — P. 1 – 24.

7. FAO, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, Rome (2016). - URL: http://www.fao.org/publications/sofia/2016/fr/ (дата обращения: 29.04.2021).

8. Kadende Daniel. Analyse de la croissance d'*Oreochromis Niloticus* à la station piscicole de Mutimbuzi. Université du Burundi, Faculté des sciences, Département de Biologie. - Bujumbura. – 1990. – 136 p.

9. Mpawenayo, B. Caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des étangs piscicoles de Mutimbuzi (Burundi) / B. Mpawenayo, G. Ndikumana // Systematics and Geography of Plants. - 2005 – 75 (1). - P. 93 - 106.

УДК 575.22:639.371.5

ПОЛИМОРФИЗМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ У ВОЛЖСКОГО САЗАНА

Иванёха Е.В., Дума Л.Н.

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Федеральное агентство по рыболовству,

elena_ivaneha@mail.ru

POLYMORPHISM OF VOLGA CARP MICROSATELLITE LOCI

Ivanekha E.V., Duma L.N.

Резюме. *Для оценки генетического разнообразия двух поколений волжского сазана проведен анализ полиморфизма шести микросателлитных локусов поли-(CA) типа. Все изученные локусы у волжских сазанов являются высокополиморфными. Средняя гетерозиготность по локусам микросателлитов высокая, не менее 91%, во всех исследованных группах волжского сазана.*

Ключевые слова: *волжский сазан, генетическое разнообразие, микросателлиты, полиморфизм, гетерозиготность*

Summary. *Analysis of six microsatellite loci of the poly (CA) type was performed for estimation of genetic diversity in two Volga carp generations. All examined loci were found to be highly polymorphic in Volga carp groups. The average heterozygosity for microsatellite loci in all investigated Volga carp groups was high, more than 91%.*

Key words: *Volga carp, genetic diversity, microsatellites, polymorphism, heterozygosity*

Ремонтно-маточное стадо волжского сазана (*Cyprinus carpio* L) формируется на опытном селекционно-племенном хозяйстве «Якоть» (ВНИИПРХ) с 2010 г. Производители исходного поколения выращены в прудах ОСПХ «Якоть» из личинок, завезённых из Астраханской области (ООО «Рыбопитомник Чаганский»), от них получены три генерации первого поколения воспроизводства. Кроме того, к настоящему времени получена генерация второго поколения воспроизводства.

Уровень генетического разнообразия культивируемых групп рыб зависит от условий проведения селекции и воспроизводства, в частности от напряжённости отбора и числа используемых для воспроизводства производителей. В стаде волжского сазана для сохранения генетического разнообразия отбор по хозяйственно-ценным признакам не проводился.

Отбраковывались только особи с разбросанным чешуйным покровом и с повреждениями.

Первая генерация первого поколения воспроизводства была получена в результате естественного массового нереста производителей волжского сазана исходного поколения. Потомство второй и третьей генерации получали заводским способом, в воспроизводстве участвовали 16 самок + 9 самцов и 12 самок + 7 самцов соответственно.

Для оценки генетического разнообразия двух поколений волжского сазана проведен анализ аллельного полиморфизма шести микросателлитных локусов ДНК поли-(CA) типа [3].

Материал и методы исследования

Фрагменты плавников для микросателлитного анализа были получены у производителей волжского сазана исходного поколения и у сазанов из трёх генераций первого поколения воспроизводства и зафиксированы в 96%-ном этаноле. Для выделения ДНК применяли солевую экстракцию. Полученную ДНК использовали для анализа полиморфизма шести локусов микросателлитов с динуклеотидным (CA)-повтором – MFW1, MFW4, MFW7, MFW9, MFW16 и MFW31 [3]. Локус MFW28 не использовался в анализе из-за низкой воспроизводимости его амплификации у волжского сазана.

Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили на амплификаторах Mastercycler gradient и Mastercycler personal (Eppendorf, Germany). Для постановки амплификации применялся режим touchdown-ПЦР.

Разделение продуктов специфической амплификации проводили посредством вертикального электрофореза в 8% полиакриламидном геле в камере VE-20 с источником питания Эльф-8, V = 250 В. После окончания электрофореза гель окрашивали в растворе бромистого этидия (0,5 мкг/мл) в течение 30 мин, а затем промывали в дистиллированной воде 30 мин. Результаты электрофореза регистрировали в системе AutoChemi для изучения изображений, размеры аллелей определяли с помощью программного обеспечения LabWork 4.5 (UVP, USA).

Результаты и обсуждение

У волжского сазана все исследованные локусы микросателлитов являются полиморфными. Число аллелей на локус варьирует от 6 до 14 (таблица). Самый низкий уровень полиморфизма отмечен в локусе MFW1 – число аллелей от 6 до 9.

Длины аллелей всех шести локусов находятся в тех же размерных диапазонах (таблица), что у нескольких других групп карповых рыб [1, 3-5]. Специфичные для волжского сазана аллели, которые позволили бы генетически маркировать его, среди этих микросателлитных локусов выявить не удалось.

Таблица – Характеристика микросателлитных локусов у волжского сазана

Локусы	Число аллелей на локус	Размер аллелей, пн	Среднее число аллелей на особь	Доля гетерозигот, %
	Производители исходного поколения			
MFW1	6	162-248	2,0	100
MFW4	7	142-198	2,0	100
MFW7	11	180-298	2,0	100
MFW9	8	86-150	2,0	100
MFW16	9	140-192	2,0	100
MFW31	9	245-327	2,6	100
В среднем	8,3			100,0
	1 генерация, двухлетки			
MFW1	9	168-248	2,0	100
MFW4	11	142-182	1,9	94
MFW7	11	184-290	2,0	100
MFW9	11	86-150	1,7	72
MFW16	11	140-192	2,0	100
MFW31	14	245-327	2,5	90
В среднем	11,2			92,7
	1 генерация, четырёхгодовики			
MFW1	9	162-248	2,0	100
MFW4	8	142-174	2,0	100
MFW7	10	196-298	2,0	100
MFW9	8	86-150	2,0	100
MFW16	9	132-192	2,0	100
MFW31	10	245-327	2,8	100
В среднем	9,0			100,0
	2 генерация, сеголетки			
MFW1	7	168-248	2,0	100
MFW4	11	142-182	2,0	100
MFW7	10	184-290	2,0	100
MFW9	9	86-150	1,9	90
MFW16	8	140-192	2,0	100
MFW31	12	245-327	2,6	100
В среднем	9,5			98,6
	3 генерация, сеголетки			
MFW1	6	162-248	2,0	100
MFW4	11	136-198	2,0	100
MFW7	12	180-290	2,0	100
MFW9	10	86-150	1,6	63
MFW16	11	132-192	2,0	100
MFW31	11	245-327	2,6	88
В среднем	10,2			91,7

У волжского сазана, как и у других исследованных групп карповых рыб [1, 3], локус MFW31 имеет дополнительный продукт амплификации и считается

тетраплоидным. Среднее число аллелей на особь у волжских сазанов в этом локусе – 2,5-2,8 (таблица).

Уровень гетерозиготности по микросателлитным локусам у производителей волжского сазана был максимальным, 100%. Гомозиготы по аллелям микросателлитов встречались только у сеголетков и двухлетков в трёх локусах – MFW4, MFW9 и MFW31, при этом средняя гетерозиготность по шести локусам у них оставалась высокой, не меньше 91% (таблица).

У четырёхгодовиков первой генерации количество гетерозигот по нескольким микросателлитным локусам заметно увеличивалось по сравнению с двухлетками этой же генерации (таблица). Ранее было показано, что в одних и тех же группах с возрастом рыб существенно возрастала частота гетерозигот по биохимическим маркерам, что объясняется, по-видимому, действием в онтогенезе отбора, направленного против гомозигот [2].

При проведении амплификации локуса MFW16 с образцами ДНК сеголетков из второй генерации волжского сазана для 24% образцов амплификаты не обнаружены (рисунок, дорожки 5, 9, 13, 14), что подтверждено повторным анализом «пустых» проб. Видимо, у некоторых волжских сазанов этот микросателлитный локус отсутствует или не синтезируется. При этом амплификаты других пяти локусов были с теми же образцами ДНК сеголетков сазана без проблем. В остальных исследованных группах волжского сазана продукты амплификации локуса MFW16 получены с образцами ДНК от всех рыб, поэтому он оставлен для анализа в качестве генетического маркера.

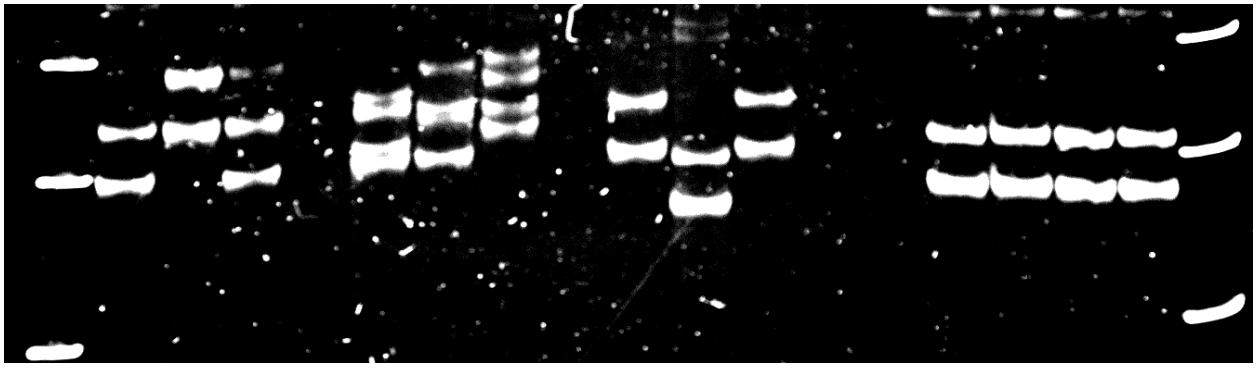


Рисунок – Электрофореграмма продуктов амплификации локуса MFW16
Слева направо: дорожки 1, 19 – ДНК-маркер (полосы снизу вверх: 100, 150, 200 пн); дорожки 2-14 – продукты ПЦР с ДНК волжского сазана 2 генерации, 15-18 – с ДНК загорских карпов

Результаты исследования аллельного полиморфизма шести микросателлитных локусов с динуклеотидным (CA)-повтором свидетельствуют о том, что в исходном поколении волжского сазана и в трёх генерациях первого

поколения его воспроизводства, содержащихся на ОСПХ «Якоть», сохраняется высокий уровень генетической изменчивости. Средняя гетерозиготность по локусам микросателлитов во всех исследованных группах волжского сазана находится в диапазоне от 91,7% до 100%.

Список использованных источников

1. Иванёха Е.В., Дума Л.Н. Генетическая характеристика племенных групп карповых рыб по микросателлитным ДНК-маркерам / Новейшие генетические технологии для аквакультуры: мат-лы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. – М., 2020. – С. 205-211. [Электронное издание]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=43084265.
2. Катасонов В.Я., Поддубная А.В., Дементьев В.Н., Демкина Н.В. Основные итоги селекции среднерусского карпа / Сб. науч. тр. ВНИИПРХ "Вопросы генетики, селекции и племенного дела в рыбоводстве». Вып. 76. – М.: 2000. – С. 47-59.
3. Crooijmans R.P.M.A., Bierbooms V.A.F., Komen J., Van der Poel J.J., Groenen M.A.M. Microsatellite markers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Animal Genetics. – 1997. – 28. – P. 129-134.
4. Mondol R. K., Islam S., Alam S. Characterization of different strains of common carp (*Cyprinus carpio* L.) (Cyprinidae, Cypriniformes) in Bangladesh using microsatellite DNA markers // Genetics and Molecular Biology. – 2006. – Vol. 29, No. 4. – P. 626-633.
5. Zhou J., Wu Q., Wang Z., Ye Y. Genetic variation analysis within and among six varieties of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in China using microsatellite markers // Генетика. – 2004. – Т. 40, № 10. – С. 1389-1393.

УДК 639.212:591.391

СПЕРМА ОСЕТРОВЫХ РЫБ: «БЕГУНКИ» И «ДОЛГОЖИТЕЛИ»

Исаев Д.А.[1], Мартынова М.Ю.[2]

[1]*Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Российская академия наук, dmais@hotmail.ru*

[2]*Московский медицинский университет «Реавиз», mmreaviz@yandex.ru*

STURGEON FISH SPERM: «RUNNERS» AND «LONG-LIVERS»

Isaev D.A., Martynova M.Yu.

Резюме. *В неактивированной сперме осетровых рыб иногда наблюдаются единичные активные сперматозоиды, длительно сохраняющие подвижность – «бегунки». В пресной воде сперматозоиды активируются, но остаются подвижными всего несколько минут. Иногда при этом единичные сперматозоиды – «долгожители» – остаются подвижными десятки минут. Причины существования «бегунков» и «долгожителей», связь между ними и их роль в оплодотворении икры в настоящее время неизвестны. Обсуждается возможная роль таких уникальных гамет в селекции аллельных вариантов генов, определяющих хозяйственно важные признаки.*

Ключевые слова: *осетровые рыбы, сперма, гаметический отбор.*

Summary. *In the non-activated milt of sturgeon fish, there are sometimes single active spermatozoa – 'runners' – that maintain motility for a long time. In fresh water, spermatozoa become active but remain motile for only a few minutes. After that, some single spermatozoa – 'long-livers' – can remain motile for tens of minutes. The nature of 'runners' and 'long-livers', their relationship and their role in fertilization of eggs are currently unknown. The possible role of such unique male gametes in the selection of allelic variants of certain genes that determine valuable economic traits is discussed here.*

Key words: *sturgeons, sperm, gametic selection.*

Сперматозоиды осетровых, как и большинства других пресноводных костистых рыб, становятся подвижными при контакте с пресной водой, при вымётывании во время нереста. Принято считать, что в гонадах и половых путях – во флюидах канальцев и семявыносящих протоков – и в семенной плазме сперматозоиды осетровых рыб неподвижны. Вместе с тем, многие исследователи регулярно отмечают присутствие в нативных образцах неактивированной спермы некоторое количество подвижных сперматозоидов.

Linhart et al. (1995) и Cosson et al. (2000) наблюдали единичные подвижные сперматозоиды в эякулятах лопатоноса *Scaphirhynchus platorynchus* и веслоноса *Polyodon spathula* [1, 2]. Glogowski et al. (2002) отмечают присутствие в эякуляте *Acipenser baerii* без активации около 2% подвижных сперматозоидов. Авторы пишут, что присутствие какого-то количества подвижных сперматозоидов в сперме осетровых рыб – неоднократно наблюдаемое и, по-видимому, характерное явление, при этом неизвестно, является ли оно частью нормальной репродуктивной физиологии самцов осетровых или же просто результатом контаминации спермы водой или мочой [3]. Sieczyñski et al. (2012), изучая подвижность спермы сибирского осетра *Acipenser baerii* и стерляди *Acipenser ruthenus* с использованием CASA (*computer assisted sperm analyses*), наблюдали в свежеполученных неактивированных образцах спермы до 10 % подвижных сперматозоидов (в среднем около 2 %) для обоих видов [4]. Judycka et al. (2015) связывает присутствие спонтанно активированных сперматозоидов с сезонными различиями в качестве спермы: в эякулятах сибирского осетра, полученных в апреле, наблюдались лишь единичные подвижные спермии, в то время как в декабрьских образцах спермы более низкого качества таких сперматозоидов было около 30% [5].

Мы также регулярно наблюдали подвижные сперматозоиды в большинстве образцов неактивированной свежеполученной спермы стерляди *Acipenser ruthenus* (до 4%), а также у байкальского осетра *Acipenser baerii baicalensis* (до 1,5%), белуги *Huso huso* (единичные) и севрюги *Acipenser stellatus* (единичные). Для обозначения таких сперматозоидов мы воспользовались производственным сленгом, называя их «бегунками» (существование такого сленга свидетельствует в пользу версии о нормальном физиологическом явлении). Нам не удалось обнаружить корреляции каких-либо характеристик спермы с присутствием «бегунков».

Наиболее простым объяснением существования «бегунков» является преждевременная спонтанная активация, например, в результате локального повышения концентрации Ca^{2+} во внешней среде или попадания в сперму микрокапель водяного конденсата. Спонтанно активированные сперматозоиды сохраняют подвижность непродолжительное время, после чего их гибель и разрушение мембран может провоцировать случайную активацию других единичных сперматозоидов, в результате чего создаётся картина постоянного присутствия небольшого количества подвижных спермиев. С этим объяснением согласуется наблюдение Linhart et al. (1995) и Cosson et al. (2000) единичных подвижных сперматозоидов в неразбавленной сперме *Scaphirhynchus platorynchus* и *Polyodon spathula*, причём эти сперматозоиды, как указывают авторы, были подвижны не более десятков секунд [1, 2].

Другое объяснение подразумевает существование немногочисленного пула исходно подвижных сперматозоидов, без гиперактивации в водной среде. Регуляция подвижности таких сперматозоидов в семенной плазме может осуществляться при помощи сигнальных путей, активно задействованных у высших позвоночных, но имеющихся также и у рыб [6, 7]. По нашим наблюдениям, в отличие от Cosson et al. (2000) [2], сперматозоиды-«бегунки» в неактивированной сперме стерляди и белуги сохраняли подвижность в течение десятков минут в ходе микроскопического наблюдения, а возможно, и дольше, причём скорость их движения была заметно ниже по сравнению с гиперактивированными водой сперматозоидами (что, впрочем, требует подтверждения в исследованиях с CASA).

Прогностическое значение сперматозоидов-«бегунков» в сперме, используемой для оплодотворения, неясно. В «Техническом докладе ФАО №558» – руководстве по разведению осетровых рыб не рекомендуется использовать для оплодотворения *«эякуляты, в которых активация спермиев наблюдается без добавления воды»* [8], но референсные значения по процентному отношению таких активных сперматозоидов не приводятся.

После контакта с водой сперматозоиды осетровых рыб становятся подвижными на короткое время, обычно 2–5 мин и не более 10–15 мин, однако, некоторые авторы указывают на время подвижности в течение десятков минут (табл.). Оценка времени подвижности субъективна, и, по-видимому, для неё не существует единого общепринятого критерия. Так, в учебнике по осетроводству В.В. Мильштейна (1982) рекомендуется фиксировать время, «*...когда большая часть спермиев (более 50 – 69%) переходит от поступательных движений к колебательным*» [9]. Н.В. Барулин и соавт. (2013) фиксировали время потери *поступательного* движения у 90% сперматозоидов [10].

Alavi et al., 2012 [11] приводят данные о времени подвижности спермы севрюги до 60 мин (табл.), ссылаясь на работу Ginzburg, 1968 [12]. Действительно, в книге А.С. Гинзбург в табл. 24 [12] указано время общей подвижности для *Acipenser gueldenstaedtii colchicus* 5 мин – 3 ч 15 мин, для *Acipenser stellatus* 40–15 мин, а для *Acipenser ruthenus* время энергичной подвижности 5–6 ч при +12…+13 °С. Там же, А.С. Гинзбург описывает результаты собственных исследований подвижности сперматозоидов от 20 самцов *Acipenser gueldenstaedtii colchicus*, отмечая, что после активации при +15…+17 °С и утраты подвижности большинством спермиев через 5–10 мин, отдельные сперматозоиды остаются подвижными в некоторых образцах 20–30 мин или даже более 60 мин, а в одном из образцов даже более 3 ч. В качестве одной из возможных причин такого различия в длительности периода подвижности сперматозоидов даже в пределах одного эякулята А.С. Гинзбург предполагает различную степень зрелости сперматозоидов [12].

Таблица – Время подвижности сперматозоидов некоторых видов осетровых рыб

Вид	*Время подвижности, мин*	*Авторы*
Huso huso	5–15	Ginzburg, 1968 [12] Baghfalaki et al., 2009 [13]
Polyodon spathula	2–6	Mims, 1991 [14] Linhart et al., 1995 [1] Cosson et al., 2000 [2]
Acipenser fulvescens	5–30	Ciereszko et al., 1994 [15] Wayman, 2003 [16]
Acipenser persicus	< 5	Alavi et al., 2004 [17] Alipour et al., 2009 [18]
Acipenser ruthenus	4–5	Lahnsteiner et al., 2004 [19]
Scaphirhynchus platorynchus	5	Cosson et al., 2000 [2] Wayman, 2003 [16]
Acipenser stellatus	4–60	Saadeghi et al., 2013 [20] Alipour et al., 2009 [18] Ginzburg, 1968 [12]

Примечание: таблица составлена с использованием данных из работы Alavi et al., 2012 [11]

Таким образом, если главной причиной разницы в самом определении и, соответственно, в оценках «времени подвижности» спермы осетровых рыб является субъективность и отсутствие общепринятых критериев, то завышенная оценка, скорее всего, может быть следствием наблюдения в активированной сперме «долгоживущих» сперматозоидов.

Длительность подвижности сперматозоидов зависит от внутриклеточных запасов АТФ, необходимых для работы жгутика [12, 21, 22], что может быть связано со степенью зрелости и «возрастом» сперматозоидов. Вместе с тем, длительность подвижности спермы зависит от температуры, ионного состава, pH и осмоляльности окружающей среды [11]. Внеклеточный K^+ считается главным ингибитором активации сперматозоидов осетровых рыб в семенной плазме [23], действуя в миллимолярных концентрациях [11]; снижение концентрации K^+ во внешней среде является одним из необходимых условий активации [1]. Внеклеточный Na^+ также влияет на подвижность: в эксперименте Toth et al. (1997) максимальная длительность подвижности активированной спермы озёрного осетра *Acipenser fulvescens* наблюдалась при концентрации Na^+ 10 мМ и составляла 30 мин и более [24]. Alavi et al. (2012) [11] утверждают с отсылкой к более ранним работам [1, 2, 25], что длительность подвижности сперматозоидов зависит от осмоляльности и может быть увеличена после

активации в среде, содержащей определённые ионы, например Ca^{2+}. Так, Alavi et al. (2008, 2011) наблюдали более высокую скорость и длительность подвижности после активации спермы стерляди *Acipenser ruthenus* в среде, содержащей Ca^{2+} [26, 27]. Оптимальная осмоляльность среды для активации сперматозоидов, при которой достигается наибольшая подвижность и её длительность, составляет 30–70 мосмоль/кг для большинства видов осетровых рыб [1, 16, 23-25, 27]. Существенное влияние на подвижность спермиев оказывает также pH среды, оптимальные значения которого составляют pH8–9 [11]. Таким образом, отдельные факторы или их оптимальное сочетание в среде могут значительно пролонгировать подвижность сперматозоидов осетровых рыб.

Положительная зависимость подвижности и оплодотворяющей способности спермы несомненна [12], в то время как связь между продолжительностью подвижности и фертильностью неочевидна, поскольку время, необходимое для оплодотворения, у осетровых рыб не превышает нескольких минут. Н.В. Барулин и соавт. (2013) (Беларусь) применяли компьютерный анализ (CASA) для изучения подвижности и других характеристик спермы ленского осетра и доказали нецелесообразность длительности искусственного осеменения более 90 сек [10], что значительно меньше времени подвижности. Тем более неясными представляются участие в оплодотворении и роль немногочисленных сперматозоидов-«долгожителей», сохраняющих подвижность десятки минут. Не исключено, что, как и в случае с «бегунками», сперматозоиды-«долгожители» представляют в общей популяции сперматозоидов небольшой пул гамет с особыми свойствами, фенотипическим маркером которых служит длительная подвижность. Возможно, присутствие таких сперматозоидов с особыми свойствами играет роль в популяционно-генетических процессах, что может оказаться практически важным для осетроводства.

При искусственном воспроизводстве осетровых рыб формирующаяся генетическая структура стад отличается от природных популяций, очевидно, в направлении наибольшей приспособленности к индустриальным условиям [28]. В противоположность стремлению рыбоводов сохранить или улучшить хозяйственно значимые признаки, неконтролируемый отбор, создаваемый условиями производства, приводит к негативной трансформации генофонда заводских стад. Изучение частот аллельных вариантов генов лактатдегидрогеназы (локус *LDH-3*) и эстеразы (локус *Est-2*) у погибшей молоди и четырёхлетних особей из доместицированных стад севрюги (*Acipenser stellatus*) Можайского производственно-экспериментального рыбоводного завода (МПЭРЗ) в 2009–2012 г.г. показал, что отбор в производственных условиях благоприятствует аллельным вариантам, соответствующим повышенной выживаемости в условиях недостатка кислорода и раннему

созреванию, но более мелким размерам [28], что согласуется также с полученными ранее данными по локусам *LDH-4* и фосфоглюкомутазы [29].

Эти исследования не только указывают на существование проблемы вырождения в доместицированных популяциях осетровых рыб в индустриальных условиях и предполагают генетический мониторинг, но и делают особенно актуальным развитие селекционных инструментов, препятствующих неконтролируемому отбору. Одним из таких подходов могла бы стать манипуляция на уровне гамет при искусственном оплодотворении – моделирование гаметического отбора.

Alavioon et al. (2017, 2019) изучали влияние искусственного отбора сперматозоидов на плодовитость и выживаемость потомства у данио (*Danio rerio*). Икру данио оплодотворяли спермой либо сразу же после её активации, либо спустя 25 сек, когда подвижность сохраняет не более половины сперматозоидов. Исследователи обнаружили, что потомство, полученное с использованием такой искусственно «состаренной» спермы, более жизнеспособное, плодовитое и с более длительным репродуктивным периодом [30, 31]. Полногеномное секвенирование сперматозоидов и сравнение с геномами самцов-производителей выявило изменение частот аллелей гетерозиготных локусов в популяции сперматозоидов-«долгожителей» [31]. Ранее, те же авторы наблюдали подобный эффект для спермы сёмги *Salmo salar*: из икры, оплодотворённой спермой спустя 20 сек после активации, выклев происходил раньше, а личинки были крупнее, но повышение времени инкубации спермы до 40 сек приводило лишь к снижению частоты фертилизации и не способствовало раннему выклеву [32]. Несмотря на то, что в этих работах не были исследованы конкретные гены, которые могли бы отвечать за такие адаптивно значимые признаки как выживаемость на стадиях личинок и молоди, раннее половое созревание и плодовитость, длительность репродуктивного периода, продолжительность жизни, размеры и пр., – эти работы ясно демонстрируют наличие отбора на уровне гамет и связь между генотипом и фенотипом сперматозоидов. Более того, такой гаметический отбор, по-видимому, благоприятствует признакам, которые могут иметь значение при искусственном разведении рыб, по крайней мере, для предотвращения негативной трансформации генофонда заводских стад.

Заключение

Физиология «бегунков» и «долгожителей» в сперме осетровых рыб, связь между ними, прогностическое значение и роль этого малого пула сперматозоидов в размножении в настоящее время почти не изучены. Недавние исследования шведских учёных по влиянию отбора сперматозоидов по времени сохранения подвижности на качество потомства, выполненные для данио (*Danio rerio*) [30, 31] и сёмги (*Salmo salar*) [32], позволяют предполагать связь между

различными аллельными вариантами и фенотипом сперматозоидов, выражением которого может быть время сохранения подвижности. Таким образом, не исключено, что присутствие в сперме осетровых рыб «бегунков» и «долгожителей» может стать дополнительной важной характеристикой генетического качества спермы, прогностическим критерием или даже послужить основой для разработки новых селекционных подходов в осетроводстве.

Список использованных источников

1. Linhart O., Mims S.D., Shelton W.L. Motility of spermatozoa from shovelnose sturgeon and paddlefish // Journal of Fish Biology. – 1995. – V. 47, № 5. – P. 902-909.

2. Cosson J. et al. Analysis of motility parameters from paddlefish and shovelnose sturgeon spermatozoa // Journal of Fish Biology. – 2000. – V. 56, № 6. – P. 1348-1367.

3. Glogowski J. et al. Fertilization rate of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*, Brandt) milt cryopreserved with methanol // Aquaculture. – 2002. – V. 211, № 1. – P. 367-373.

4. Sieczyński P. et al. Characteristics of Siberian sturgeon and sterlet sperm motility parameters compared using CASA // Archives of Polish Fisheries. – 2012. – V. 20. – P. 137-143.

5. Judycka S. et al. Characterization of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt 1869) sperm obtained out of season // Journal of Applied Ichthyology. – 2015. – V. 31, № S1. – P. 34-40.

6. Yanagimachi R. et al. Chemical and physical guidance of fish spermatozoa into the egg through the micropyle // Biology of Reproduction. – 2017. – V. 96, № 4. – P. 780-799.

7. Lissabet J.F.B. et al. The CatSper channel is present and plays a key role in sperm motility of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. – 2020. – V. 241. – P. 110634.

8. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб. Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству №558. / Чебанов М. С., Галич Е. В.: ФАО, Анкара, 2013. – 325 с.

9. Осетроводство. / Мильштейн В. В. – 2-е изд. перераб. и доп. изд. – Москва: «Легкая и пищевая промышленность», 1982. – 152 с.

10. Барулин Н.В. и др. Оценка подвижности сперматозоидов осетровых рыб в условиях аквакультуры // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2013. – №4. – С. 6.

11. Alavi S.M.H. et al. Sperm biology and control of reproduction in sturgeon: (II) sperm morphology, acrosome reaction, motility and cryopreservation // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2012. – T. 22, № 4. – C. 861-886.

12. Fertilization in fishes and the problem of polyspermy. / Ginzburg A.S. – Moscow: «Nauka», 1968. – 366p.

13. Baghfalaki M., Shalouei F., Imanpour M.R. The relationships between some spermatological and biochemical parameters of beluga (*Huso huso* Linnaeus 1758) semen in the South-Eastern of Caspian Sea // Iranian Journal of Biology. – 2009. – V. 22, № 2. – P. 312-320.

14. Mims S. Evaluation of activator solutions, motility duration, and short-term storage of paddlefish spermatozoa // Journal of the World Aquaculture Society. – 1991. – V. 22. – P. 224-229.

15. Ciereszko A. et al. Identification of trypsin-like activity in sturgeon spermatozoa // Journal of Experimental Zoology. – 1994. – V. 268, № 6. – P. 486-491.

16. Wayman W.R. From gamete collection to database development: Development of a model cryopreserved germplasm repository for aquatic species with emphasis on sturgeon / Ph.D. Thesis – Louisiana State University. – Baton Rouge, LA., 2003. – 299 p.

17. Hadi Alavi S.M. et al. Chemical composition and osmolality of seminal fluid of Acipenser persicus; their physiological relationship with sperm motility // Aquaculture Research. – 2004. – V. 35, № 13. – P. 1238-1243.

18. Alipur A. et al. Fertilizing ability of cryopreserved spermatozoa in the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) and stellate sturgeon (*A. stellatus*) // Iranian J. Fish. Sci. – 2009. – V. 8, №1. – P. 1-12.

19. Lahnsteiner F. et al. Studies on the semen biology and sperm cryopreservation in the sterlet, *Acipenser ruthenus* L // Aquaculture Research. – 2004. – V. 35, № 6. – P. 519-528.

20. Sadeghi A. et al. Cryopreservation of stellate (*Acipenser stellatus*) sperm: Effect of different concentrations of DMSO and dilution rates on sperm mobility and motility duration after long-term storage // Global Veterinaria. – 2013. – V. 10. – P. 26-30.

21. Billard R. et al. Motility analysis and energetics of the Siberian sturgeon *Acipenser baerii* spermatozoa // Journal of Applied Ichthyology. – 1999. – V. 15, № 4-5. – P. 199-203.

22. Cosson J. Frenetic activation of fish spermatozoa flagella entails short-term motility, portending their precocious decadence // Journal of Fish Biology. – 2010. – V. 76, № 1. – P. 240-279.

23. Gallis J. L. et al. Effects of dilution, pH, osmotic pressure, sodium and potassium ions on motility // In: Acipenser – Ed. by Williot P. – Cemagref Publ., 1991. – P.143-151.

24. Toth G.P. et al. Objective analysis of sperm motility in the lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*: activation and inhibition conditions // Aquaculture. – 1997. – P. 154, № 3. – P. 337-348.

25. Alavi S.M.H. et al. Spermatozoa motility in the Persian sturgeon, *Acipenser persicus*: effects of pH, dilution rate, ions and osmolality // Reproduction. – 2004. – V. 128, № 6. – P. 819-828.

26. Alavi S. et al. Roles of extracellular Ca^{2+} and pH on motility and flagellar waveform parameters in sturgeon spermatozoa // Cybium. – 2008. – V. 32. – P. 124-126.

27. Alavi S.M.H. et al. Roles of osmolality, calcium – Potassium antagonist and calcium in activation and flagellar beating pattern of sturgeon sperm // Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. – 2011. – V. 160, № 2. – P. 166-174.

28. Шишанова Е.И. и др. Генетическая изменчивость севрюги *Acipenser stellatus* Pallas в онтогенезе при индустриальном выращивании // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2014. № 4. – С. 66-75.

29. Рябова Г.Д., Офицеров М.В., Шишанова Е.И. Исследование связи между аллозимной изменчивостью и некоторыми компонентами приспособленности у севрюги *Acipenser stellatus* (Pallas) // Генетика. – 1995. – Т. 31, № 12. – С. 1679-1692.

30. Alavioon G. et al. Haploid selection within a single ejaculate increases offspring fitness // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2017. – V. 114, № 30. – P. 8053-8058.

31. Alavioon G. et al. Selection for longer lived sperm within ejaculate reduces reproductive ageing in offspring // Evolution Letters. – 2019. – V. 3, № 2. – P. 198-206.

32. Immler S. et al. Sperm variation within a single ejaculate affects offspring development in Atlantic salmon // Biology Letters. – 2014. – Т. 10, № 2. – С. 20131040.

УДК 639.3

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ В КАЗАХСТАНЕ (НА ПРИМЕРЕ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ)

Камелов А.К.

Товарищество с ограниченной ответственностью «Казэкопроект»,

askar.kamelov@mail.ru

STATE AND PROSPECTS OF AQUACULTURE DEVELOPMENT IN KAZAKHSTAN (ON THE EXAMPLE OF ATYRAU REGION)

Kamelov A.K.

Резюме. *В настоящее время в Республике Казахстан продукция аквакультуры составляет порядка 7 тысяч т в год. В целях ускорения развития этой отрасли, в стране разработана и принята Программа развития рыбного хозяйства до 2030 г. Основное внимание уделено трем приоритетным вопросам - переориентация части водоемов с рыболовства на рыбоводство, совершенствование нормативно-правовой базы и усиление мер государственной поддержки.*

Ключевые слова: *аквакультура, программа развития, рыбоводная ферма, совершенствование законодательства, субсидирование*

Summary. *Currently, in the Republic of Kazakhstan, aquaculture production is about 7 thousand tons per year. In order to accelerate the development of this industry, the country has developed and adopted the Fisheries Development Program until 2030. The main attention is paid to three priority issues - the reorientation of some water bodies from fishing to fish farming, improving the regulatory framework and strengthening government support measures.*

Key words*: aquaculture, development program, fish farm, improvement of legislation, subsidies*

Рыбоводство в Казахстане является развивающимся направлением рыбного хозяйства. За последние 7 лет продукция аквакультуры выросла с 800 тонн до более чем 7 тыс. тонн. Выращиванием рыбы в стране занимаются 180 рыбоводных хозяйств, где занято более 1 тыс. человек. Приоритетными видами для выращивания в Республике являются карповые рыбы, доля которых составляет 92,9 % [1].

Наиболее благоприятные условия для развития аквакультуры существуют в южном регионе республики, а также в Восточно-Казахстанской и Северо-Казахстанской областях.

Две южные области (Туркестанская и Алматинская) производят 81,5 % всей рыбоводной продукции. Лидером по искусственному выращиванию рыбы является Туркестанская область с объемом продукции в 5 тыс. тонн, что составляет 68,7% от общей продукции аквакультуры по стране. В области имеется около 140 озер, пригодных для выращивания рыбы, общая площадь которых составляет 25,4 тыс. га. В Алматинской области в 2019 г. выращено около 1 000 тонны (12,8%).

В Северо-Казахстанской области находится практически половина озер страны. В области функционируют 26 рыбоводных хозяйств, осуществляющих свою деятельность на 52 водоемах, закрепленных в форме ОЗТРХ - озерно-товарного рыбоводного хозяйства.

В Восточно-Казахстанской области из наиболее значимых в последние годы успешно реализованы два проекта по выращиванию форели и один по выращиванию осетровых. В 2019 году выращено 186 тонн этих видов рыб (170 тонн форели, 16 тонн осетра), в 2020 г. — 325 тонн (300 тонн форели, 25 тонн осетра).

Радужная форель выращивается садковым способом на Усть-Каменогорском водохранилище. Проектная мощность производства — 1 000 тонн в год. Также выращиваются и сиговые рыбы - пелядь и рипус.

Казахстан характеризуется низким уровнем потреблением рыбы. Так, при рекомендации ВОЗ о необходимости потребления не менее 16 кг рыбной продукции в год на человека, в Казахстане эта цифра составляет менее 4 кг. При этом, в соседних России и Китае потребляется около 20 и 40 кг на человека соответственно. Это объясняется слабым развитием аквакультуры в стране.

В то время как в мире показатели по аквакультуре и рыболовству почти сравнялись, в Казахстане они различаются почти в 6 раз (на долю рыболовства приходится 45 тысяч тонн, рыбоводство – 7,4 тыс.т).

В 2020 г. была разработана и принята Программа развития рыбного хозяйства в Республике до 2030 г., в которой приоритетное внимание было уделено развитию аквакультуры. Были выделены основные вопросы, на которых акцентировали внимание. Это — переориентация части водоемов с рыболовства на рыбоводство, совершенствование нормативно-правовой базы и усиление мер государственной поддержки.

Были выявлены перспективные для рыбоводства водоемы, разработаны Схема зонирования и типовые проекты рыбоводства. Предложены поправки в нормативно-правовую базу, которые помогли снять существовавшие барьеры на пути развития аквакультуры в стране, принято решение о разработке Закона «Об аквакультуре». Расширены существующие меры государственной поддержки дополнительным субсидированием.

Дополнительное субсидирование включало в себя - субсидии до 50% стоимости рыбоводно-биологических обоснований, приобретения рыбопосадочного материала, приобретение и содержание ремонтно-маточных стад ценных видов рыб. Кроме этого предполагается возмещение части затрат на создание и расширение садкового рыбоводного хозяйства, рыбоводного хозяйства с замкнутым циклом водообеспечения, а также комплексов по переработке. Согласно дополнениям, предусмотрено субсидирование до 25% стоимости строительства устройств замкнутого водоснабжения (УЗВ) мощностью от 20 тонн и садковых хозяйств мощностью от 40 тонн выращивания товарной рыбы.

Таким образом, учитывая имеющиеся водные ресурсы, существует потенциал для роста объемов выращивания рыбы до 600 тыс. тонн,

Территория Атырауской области включает в себя нижнее течение реки Урал и северо-восточную часть Каспийского моря.

Будучи главным регионом Казахстана по рыбному промыслу, по объему производства продукции рыбоводства Атырауская область занимает предпоследнее (13-е) место. По данным на 2019 г. в области ежегодно производилось всего 8,7 тонны рыбоводной продукции, что составляло 0,1 % от всей производимой в Республике продукции.

В настоящее время в области функционируют 2 государственных осетровых рыбоводных завода, предметом деятельности которых является искусственное воспроизводство молоди осетровых и ее выпуск в Урало-Каспийский бассейн в рамках выполнения государственного заказа по воспроизводству молоди ценных видов. Финансирование госзаказа осуществляется за счет республиканского бюджета.

Суммарная мощность обеих заводов составляет 7,5 млн. штук мальков осетровых (белуга, осетр, шип, севрюга, стерлядь) в год.

В последние годы на заводе осуществляется генетическая паспортизация маточных стад, которую проводят сотрудники КазНИИРХ (ныне НПЦ РХ), прошедшие стажировку во ВНИРО.

Климатические и гидрологические особенности Атырауской области не очень способствуют развитию аквакультуры. В то же время выращивание рыбы в нашей области является коммерчески выгодным производством.

Региональной специализацией рыбоводных хозяйств в регионе являются осетровые рыбы, которых можно выращивать в УЗВ и садках. В области были внедрены два вида ндустриальной технологии - разведение рыбы в садках (Луговской конный завод) и с применением УЗВ (Caspian Royal Fish).

Осетровая ферма ТОО «Caspian Royal Fish» - рыбоводный комплекс по выращиванию товарной рыбы осетровых пород и получению пищевой икры в

установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) по голландской технологии «Голубая марка».

Предназначение осетрового хозяйства - выращивание товарной осетровой рыбы в количестве 100 тонн в год, формирование продукционного стада производителей русского осетра и стерляди с целью получения пищевой икры в количестве 1 тонны в год и обеспечения потребности в рыбопосадочном материале для собственных нужд. В бассейнах растут четыре вида рыб осетровых пород: белуга, сибирский и русский осетры, стерлядь.

Садковое хозяйство ТОО «Луговской конный завод» было создано в 2014 г. В естественной условиях, в садках Курилкинской протоки растили молодь осетров. Планировалось довести выпускаемую продукцию до 200 тонн рыбы и 5 тонн икры ежегодно. В 2020 г. ожидалось получение первой промышленной партии икры. Однако, в период массовой гибели рыбы в реке Жайык зимой 2019-2020 гг. это ТОО пострадало больше сильнее всех. В настоящее время проводятся работы по восстановлению работы садкового хозяйства.

Атырауская область относится к 4 (северная половина) – 5 (южная половина) рыбоводным зонам, в которых рекомендуемыми к выращиванию видами рыб являются карповые.

Наиболее удобным для развития аквакультуры в Атырауской области является Курмангазинский район. Это восточная часть дельты реки Волга (река Кигаш) и обилие протоков, ериков и частично отшнурованных водоемов создает благоприятные условия для создания здесь как ОЗТРХ, так и садковых и прудовых хозяйств. Прежде всего нужно восстановить ранее успешно работавшие в этом районе прудовые хозяйства (например, в Кордуане и Шортанбае).

Изучается возможность развития на акватории Атырауской области нагульного морского рыбоводства. Благоприятные термический и солевой режимы в Каспийском море могут позволить создать здесь товарные осетровые и карповые хозяйства в садках.

Список использованных источников

1. https://primeminister.kz/ru/news/premer-ministr-rk-a-mamin-provel-soveshchanie-po-voprosam-razvitiya-rybnogo-hozyaystva-strany [Электронный ресурс] дата обращения 15.06.2021

УДК 57.086.13

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КРИКОНСЕРВИРОВАННОЙ СПЕРМЫ В ТОВАРНОМ РЫБОВОДСТВЕ

Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Докина О.Б.

ФГБНУ Филиал по пресноводному рыбному хозяйству «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Московская область, пос. Рыбное

e-mail silur5@mail.ru

EXPERIENCE OF APPLICATION OF CRYOPRESERVED SPERM IN INDUSTRIAL FISH-FARMING

Kovalev K.V., Pronina N.D., Dokina O.B.

Резюме. *Определены параметры и процедура оплодотворения больших партий яйцеклеток криоконсервированной спермой, позволяющие получать хорошие рыбоводные результаты при инкубации эмбрионов осетровых рыб и карпа в заводских условиях. Показано, что при использовании криоконсервированной спермы хорошего качества процент оплодотворения и количество эмбрионов соответствует уровню показателей инкубации обычных эмбрионов осетровых и карповых рыб в заводских условиях.*

Ключевые слова: *криобанк, криоконсервация, промышленные партии эмбрионов, криоконсервированная сперма, карповые и осетровые рыбы.*

Summary: *The parameters and procedure of the fertilization of large batches of eggs by cryopreserved sperm have been determined, which make possible to obtain good fish breeding results when incubating sturgeon and carp embryos at industrial hatcheries. It has been shown that usage of the cryopreserved sperm with good quality allows to reach the same levels of the fertilization percentage and the embryos number if compared to the routine incubation of sturgeon and common carp embryos under industrial conditions.*

Key words: *cryobank, cryopreservation, large-scale production of embryos, cryopreserved sperm, sturgeon, carp.*

Введение

Несмотря на то, что к настоящему времени методы криоконсервации спермы карповых и осетровых рыб достаточно хорошо разработаны, криоконсервированная сперма пока не имеет широкого применения в промышленном рыбоводстве. В то же время ситуация, которая в настоящее время складывается в современной аквакультуре, а именно интенсивное развитие, дефицит или отсутствие самцов, большие затраты на содержание стада производителей и т.д., позволяют прогнозировать рост коммерческого спроса на

криоконсервированную сперму. В связи с этим существует необходимость разработки методик получения промышленных партий эмбрионов с использованием криоконсервированной спермы рыб.

Задачей экспериментов в данной области было определить принципиальную возможность использования криоконсервированной спермы в технологических процессах воспроизводства осетровых и карповых рыб. Промышленные опыты проводились также с целью оценить эффективность той или иной криозащитной среды, используемой при криоконсервации спермы рыб. Анализ литературных данных и проведённые ранее собственные эксперименты [Цветкова, 1999; Докина, 2019; Kovalev, 2019; Lahnsteiner, 2002; Akcay, 2004; Horváth, 2007.]. позволили нам накопить определённый опыт в области осеменения промышленных партий икры криоконсервированной спермой. Криоконсервированная сперма хорошо вписывается в широко применяемый на рыбоводных предприятиях полусухой способ осеменения икры рыб. При данном способе важно подобрать оптимальное соотношение икры, спермы и активатора, которое позволило бы получать высокий процент оплодотворения при использовании минимально необходимых объемов спермы. Определяющим показателем при составлении данных пропорций является качество спермы.

На практике для получения удовлетворительных результатов осеменения икры нативной спермой, как правило, бывает достаточно визуально оценить концентрацию (жидкая, средняя, густая) свежей спермы и определить активность спермиев под микроскопом. При использовании криоконсервированной спермы эти показатели не всегда позволяют дать прогноз результативности осеменения. Однако у рыб, ввиду внешнего типа оплодотворения, есть возможность предварительной оценки оплодотворяющей способности как нативной, так и криоконсервированной спермы в лабораторных условиях. Для криоконсервированной спермы, которую в дальнейшем планируется использовать для массового осеменения, оценка по оплодотворяющей способности в настоящее время является наиболее приемлемым способом прогнозирования результативности её использования в промышленных условиях.

Материалы и методы

Эксперименты по получению промышленных партий эмбрионов с использованием криоконсервированной спермы выполнены на сибирском осетре (*Acipenser baerii*), стерляди (Acipenser ruthenus) и карпе (Cyprinus carpio). Половые продукты осетровых рыб были получены в отделе «Конаковский» и в ООО «Биоакустик». Половые продукты карпа получали на опытном селекционно-племенном хозяйстве «Якоть». В большинстве опытов использовалась сперма, криоконсервированная ранее в разные годы и проверенная по подвижности и оплодотворяющей способности (в лабораторных

условиях в чашках Петри) при закладке в криобанк, то есть сперма известного качества. Поскольку не от всех самок осетровых рыб удаётся получить икру хорошего качества, при предварительном определении оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы осетровых рыб осуществляли выбор самки икра которой будет иметь высокий процент оплодотворения. Выбор осуществляли следующим образом: пробы икры от 10—15 самок оплодотворяли нативной спермой и инкубировали в чашках Петри до образования первителлинового пространства [Гинзбург, Детлаф 1969], в этот момент все оплодотворённые яйцеклетки поворачиваются анимальным полюсом вверх. Путём подсчёта количества перевернувшихся яйцеклеток определяли лучшую самку и на её икре осуществляли проверку оплодотворяющей способности образцов криоконсервированной спермы, которые в дальнейшем планировалось использовать при осеменении промышленных партий икры.

Криоконсервация спермы осуществлялось в соответствии с «Технологией криоконсервации и хранения в низкотемпературном банке спермы рыб» [Цветкова и др., 2001].

Получение половых продуктов, осеменение, обесклеивание и инкубацию икры проводили в соответствии с нормативами, принятыми на том рыбоводном предприятии, где осуществлялся эксперимент.

В качестве активатора подвижности криоконсервированной спермы карповых рыб использовали 0,1% раствор карбоната натрия, для нативной спермы - технологическую воду. В работе с осетровыми при осеменении криоконсервированной и нативной спермой использовали технологическую воду.

Каждый отдельный эксперимент планировали с учётом качества (подвижность, оплодотворяющая способность, время движения) используемой криоконсервированной спермы. Экспериментальным путём подбирали соотношение икра: сперма: активатор (оплодотворяющий раствор).

Подвижность нативных и дефростированных спермиев осетровых и карповых рыб оценивали под микроскопом при увеличении в 300-400 раз по процентному отношению клеток с прямолинейно поступательным движением к общему количеству клеток в поле зрения микроскопа.

Опыты проводили или на вновь полученной сперме, или на криоконсервированной ранее и взятой из криобанка. В первом случае имелась возможность получить полный контроль (К), для которого использовали ту же икру, что и в опытном варианте, и ту же, но не подвергнутую криоконсервации (нативную), сперму. Во втором случае в опыте и контроле использовали одну и ту же партию икры (контроль по икре, Ки), но нативная сперма в таком контроле была иной.

Эффективность экспериментального осеменения промышленных партий

икры с использованием криоконсервированной спермы оценивали по проценту оплодотворения, выходу предличинок и личинок, перешедших на внешнее питание. Процент оплодотворения определяли на стадии 4-х бластомеров и на стадии гаструлы. Выход предличинок выражали в процентах от числа оплодотворенных яйцеклеток, выход личинок, перешедших на внешнее питание – от числа оплодотворенных яйцеклеток или от числа предличинок.

Результаты исследований

Опыты на осетровых

В первом эксперименте использовалась икра от одной самки сибирского осетра и одной самки стерляди, выращенных на ООО «Биоакустик» и криоконсервированная сперма ленского осетра и стерляди из криобанка ВНИИПРХ. Характеристики спермы представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики криоконсервированной спермы, использованной в эксперименте №1

Вид, дата закладки в криобанк	Характеристики спермы			
	нативной		дефростированной	
	подвижность, %	оплодотворение, %	подвижность, %	оплодотворение, %
Стерлядь, 11.02.2009	100	-	20	79,4
Осётр сибирский 20.04.2012	100	84,2	30	53,7

Схема опыта (таблица 2) была составлена с учётом подвижности и оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы. Осеменение, обесклеивание и инкубация икры были проведены в соответствии технологиями, принятыми на ООО «Биоакустик». Контроль в данном опыте был возможен только по икре. В первом опытном варианте соотношение икра: сперма: активатор практически идентично контрольному. Во втором и третьем вариантах количество криоконсервированной спермы было увеличено (таблица 2).

Таблица 2 - Схема эксперимента №1

Варианты опыта	Масса икры, г	Количество спермы		Объём активатора, мл	Время оплодотво-рения, мин
		нативной, мл	Дефростированной, пробирки, шт./мл.		
1	200	-	3 / 2,25	400	3
2	200	-	6 /4,5	400	3
3	200	-	9 /6,75	400	3
Ки	200	2	-	400	3

В скрещиваниях эксперимента 1 получали промышленные гибриды, широко используемые для товарного выращивания: сибирский осётр х стерлядь и стерлядь х сибирский осетр. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты эксперимента №1

Варианты опыта	Процент оплодотворения на стадии 4-х бластомеров	
	сибирский осётр Х стерлядь	стерлядь Х сибирский осётр
1 (2,25мл спермы, 400 мл активатора)	5	12
2 (4,5мл спермы, 400 мл активатора)	40	32
3 (6,75мл спермы, 400 мл активатора)	30	46
Ки (2 мл нативной спермы, 400 мл активатора)	75	52

Низкая оплодотворяющая способность в опытных вариантах 1 и 2 предположительно определяется недостаточным количеством криоконсервированной спермы, используемой для оплодотворения икры. В то же время, при осеменении икры стерляди криоконсервированной спермой сибирского осетра при соотношении икра: сперма: активатор 200 г: 6,75 мл: 400 мл (вариант 3) были получены результаты (46%) близкие контрольному (52%).

В эксперименте №2, проведённом на базе отдела «Конаковский», каждая порция икры (200 г) представляла собой смесь яйцеклеток от трёх самок стерляди, вес которых составлял 4,3, 5,2 и 5,4 кг.

В эксперименте использовалась криоконсервированная сперма от трёх самцов стерляди, криоконсервированная 3 апреля 2015 г. и оцененная по подвижности и оплодотворяющей способности. Количество спермы в опытных вариантах было одинаковым и составляло 9 мл (по 4 пробирки от каждого самца). В первом опытном варианте использовали сперму, криоконсервированную в базовой осетровой среде, а во втором – в базовой среде с добавлением таурина (таблица 4). Все образцы криоконсервированной спермы имели высокую подвижность (40-70%) и оплодотворяющую способность (таблица 4).

Таблица 4 - Характеристики криоконсервированной спермы стерляди из эксперимента №2

№ самца	Нативная сперма		Криоконсервированная сперма			
			криозащитная среда: базовая осетровая		криозащитная среда: базовая осетровая + 0,01 моль/л таурина	
	подви-жность, %	оплодотв-орение, %	подвижность, %	оплодотворение, %	подвижность, %	оплодотворение, %
1	80	21,5	60	37,4	50	29,3
2	70	27,1	70	48,9	50	45,0
3	80	37,9	40	46,6	70	53,3
средн. значе-ние	76,6	28,8	56,6	44,3	56,6	42,5

Схема опыта (таблица 5) была составлена с учётом качества криоконсервированных образцов спермы. Задачей данного опыта было подобрать соотношение криоконсервированной спермы и активатора для получения результатов близких к контрольному, а также оценить эффективность разных криозащитных сред в промышленных условиях.

Таблица 5 - Схема эксперимента №2

Варианты опыта, среда	Кол-во икры, г	Количество спермы		Кол-во активатора, мл	Время опл., мин
		нативной, мл	размороженной, пробирки, шт/мл		
1-базовая	200	-	12/ 9	400	3
2-базовая +таурин	200	-	12/9	400	3
Ки	200	4	-	400	3

Эксперимент был осуществлён в условиях отдела «Конаковский» с соблюдением всех технологических условий, принятых на предприятии. Наблюдение за развитием оплодотворённой икры проводилось в лабораторных условиях на пробах, изъятых из инкубационных аппаратов. В условиях отдела «Конаковский» определялся только процент оплодотворения на стадии гаструлы (таблица 6).

Таблица 6 - Результаты эксперимента №2

Варианты опыта	Оплодотворение, %		Выход предличин. , %	Выход личинок, %	
	на стад. 4 бластомеров	на стадии гаструлы		от числа эмбрионов	от числа предличинок
1-базовая среда	57,1	41,7	89,6	83,3	93,0
2- базовая среда+таурин	51,0	65,9	97,1	78,6	81,0
Ки	50,4	53,6	99,2	77,0	77,6

Процент оплодотворения, выход предличинок и личинок, перешедших на внешнее питание в экспериментальных вариантах 1 и 2 сопоставимы с контролем, что свидетельствует об оптимальном соотношении количества криоконсервированной спермы и активатора.

Третий эксперимент был проведен на икре от одной самки сибирского осетра. Для осеменения во всех вариантах эксперимента использовалась криоконсервированная сперма от трех самцов ленского осетра, взятая в равных количествах. Качество криоконсервированной спермы было оценено при закладке на хранение в криобанк по подвижности, оплодотворяющей способности и выклеву личинок (таблица 7). Осеменение проводили в заводских условиях отдела «Конаковский».

Таблица 7 - Характеристики криоконсервированной спермы ленского осетра в эксперименте № 3

№ образца, дата закладки	Характеристики спермы				
	нативной		дефростированной		
	подвиж-ность, %	оплодотво-рение, %	подвиж-ность, %	оплодотво-рение, %	выход предличинок, %
б/н, 18.03.05.	100	76,2	30	92,3	87,2
1, 28.03.05.	80	72,9	20	63,2	100
3, 28.03.16.	80	81,5	10	77,9	100

Учитывая высокое качество криоконсервированной спермы, было принято решение применить в данном опыте разбавление спермы активатором в соотношении 1:100. Такое разбавление используется при проверке криоконсервированной спермы в лабораторных условиях. В данном эксперименте была поставлена задача определить влияние различных объёмов оплодотворяющего раствора (смесь активатора, в данном случае технологической воды, и спермы) с одинаковой концентрацией спермиев на результаты оплодотворения одного и того же количества икры (таблица 8).

Таблица 8 – Схема эксперимента №3

Варианты опыта	Кол-во икры, г	Количество спермы, пробирки, шт./ мл	Объём активатора в оплодотворяющем р-ре, мл	Время оплодотворения, мин
1	300	12/9	900	2
2	300	18/13,5	1350	2
3	300	24 / 18	1800	2

Определение оплодотворяющей способности проводилось на стадиях 4-х бластомеров и гаструлы. Результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Результаты эксперимента №3

Варианты опыта	Оплодотворяющая способность дефростированной спермы	
	на стадии 4-х бластомеров	на стадии гаструлы
1 (объём активатора 900 мл)	58,0	59,0
2 (объём активатора 1350 мл)	58,7	54,0
3 (объём активатора 1800 мл)	75,2	72,0

Данные, представленные в таблице 9, указывают на то, что при одинаковых показателях концентрации и качества спермы увеличение объёма оплодотворяющего раствора (вариант №3 – 1800 мл активатора, 18 мл спермы, 300 г икры) увеличивает выход оплодотворённых эмбрионов.

Опыты на карпе

Четвертый эксперимент проведён на карпе в условиях ОСПХ «Якоть». Для получения промышленных партий эмбрионов использовалась икра от одной самки карпа отводки Tg и криоконсервированная сперма карпа породы баттерфляй, заложенная в криобанк в 2005 году. Характеристики криоконсервированной спермы представлены в табл. 10.

Таблица 10 - Характеристики криоконсервированной спермы карпа баттерфляй из криобанка

№ образца, дата закладки	Характеристики спермы			
	нативной		дефростированной	
	подвижность, %	оплодотворение, %	подвижность, %	оплодотворение, %
24*, 24.06.05.	100	99	50	90,5

*Образец №24 представляет собой смесь криоконсервированной спермы от 16 самцов

При составлении схемы опыта (таблица 11) отталкивались от рекомендаций по заводскому методу воспроизводства карпа, согласно которым для осеменения полусухим способом 1 кг икры используется 5 мл спермы и 1 литр активатора (воды) [Катасонов, 1982]. В нашем эксперименте количество икры и активатора во всех вариантах было пропорционально заводским нормативам, количество криоконсервированной спермы относительно икры взято в три раза больше, чем нативной, при этом концентрация оплодотворяющего раствора во всех экспериментальных вариантах одинаковая.

Таблица 11 - Схема эксперимента №4

Варианты опыта	Масса икры, г	Количество спермы, пробирки, шт./ мл	Объём активатора, мл	Время оплодотворения, сек
1	100	2/1,5	100	50
2	200	4/ 3,0	200	50
3	300	6/4,5	300	50
4	500	10/7,5	500	50
$К_и$ *	200	-/1	200	50

* в качестве контроля по икре использовалась та же икра, что и в других вариантах и нативная сперма московского чешуйчатого карпа

Результаты эксперимента представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Результаты эксперимента №4

Варианты опыта	Оплодотворяющая способность дефростированной спермы, %	
	абсолютная	относительно $К_и$
1	55,9	62,8
2	57,1	64,2
3	55,3	62,1
4	55,0	61,9
$К_и$	89,0	100

Оплодотворяющая способность криоконсервированной спермы во всех вариантах опыта оказалась примерно одинаковой (табл. 12), что соответствует одинаковым условиям осеменения. Оплодотворяющая способность спермы на уровне 50-60% является неудовлетворительной, в следующем эксперименте схема опыта была доработана (было увеличено количество оплодотворяющего раствора).

В эксперименте №5 во всех вариантах использовалась икра от одной самки карпа породы КМ1. Соотношение икра : сперма : активирующий раствор во всех вариантах опыта соответствовало промышленному осеменению, проведённому в 2003 году (таблица 13).

Таблица 13 - Схема эксперимента №5

Сперма	Масса икры, г	Количество спермы, пробирки, шт./ мл	Объём активатора, мл	Время опл., сек.
1 (Парский карп 2003 г.)	100	6/4,5	200	50
2 (карп Tg базовая среда)	100	6/4,5	200	50
3 (карп Tg эксп. среда)	100	6/4,5	200	50
$К_{с/и}$*	100	0/1	200	50

*Является контролем по икре для 1 варианта опыта и абсолютным контролем (те же икра и сперма) для 2 и 3 вариантов опыта.

В контрольном варианте для оплодотворения икры использовалась нативная сперма карпа отводки Tg, в экспериментальных вариантах 2 и 3 криоконсервированная сперма того же карпа, криоконсервированная в тот же день с использованием карповой базовой и карповой экспериментальной средах с подвижностью после размораживания 5 и 30 % соответственно. В варианте 1 использовалась криоконсервированная сперма московского чешуйчатого карпа из криобанка (образец б/н, подвижность после размораживания 20%), криоконсервированная 16 июня 2003 года. Оплодотворяющая способность спермы данного образца была определена в 2003 г. как в лабораторных условиях (89%), так и при осеменении промышленных партий икры (88,6-91,8%). Результаты эксперимента представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Результаты эксперимента №5

Варианты опыта	Оплодотворяющая способность дефростированной спермы, %
1 (Парский карп 2003 г.)	96,8
2 (карп Tg базовая среда)	0
3 (карп Tg эксп. среда)	82,0
К	96,5

Результаты в первом опытном варианте (96,8%), полученные в 2016 году совпадали с результатами 2003 года (таблица 14). Во втором опытном варианте, при использовании криконсервированной спермы, криоконсервированной с использованием базовой карповой среды, оплодотворение икры составило 0%, что объясняется весьма низкой подвижностью дефростированной спермы (5%). В третьем варианте, при использовании спермы, криоконсервированной с использованием экспериментальной карповой среды (подвижность 30%) оплодотворение было близким к нормативным показателям для карпа (82%).

Обсуждение

Определена принципиальная возможность использования криоконсервированной спермы в технологических процессах воспроизводства осетровых и карповых рыб. Для получения промышленных партий эмбрионов в условиях рыбоводных хозяйств необходимо использовать криоконсервированную сперму, прошедшую проверку по подвижности и оплодотворяющей способности в лабораторных условиях. Так для карповых рыб мы рекомендуем использовать криоконсервированную сперму со следующими характеристиками: подвижность - не ниже 20%, оплодотворяющая способность — не ниже 88%. Для осетровых рыб подвижность спермы должна быть не ниже 30%, оплодотворяющая способность - не ниже 77%.

При осеменении икры осетровых и карповых рыб криоконсервированной спермой следует использовать полусухой способ оплодотворения, который позволяет выровнять температуру спермы до температуры технологической воды и активировать сперму до контакта с икрой.

При расчётах следует учитывать, что в ёмкости с криоконсервированной спермой (обычно это пробирки объёмом 1,5 мл) помимо собственно спермы содержится раствор криопротектора в соотношении 1:1. Таким образом, в одной пробирке объёмом 1,5 мл содержится 0,75мл спермы.

В результате проведенных исследований определены параметры и процедура оплодотворения больших партий яйцеклеток криоконсервированной спермой, позволяющие получать хорошие рыбоводные результаты при инкубации эмбрионов осетровых рыб и карпа в заводских условиях. Показано,

что при использовании криоконсервированной спермы хорошего качества процент оплодотворения и выход эмбрионов соответствует уровню нормативных показателей инкубации обычных эмбрионов осетровых и карповых рыб в заводских условиях.

Список использованных источников

1. Гинзбург А.С., Детлаф Т.А. Развитие осетровых рыб. Созревание яиц, оплодотворение и эмбриогенез. М., Наука, 1969. 134 с.
2. Докина О.Б., Пронина Н.Д., Ковалев К.В., Миленко В.А., Цветкова Л.И. Усовершенствованная технология криоконсервации спермы карпа в крупномасштабном криобанке // Рыбное хозяйство. – 2019. - № 5. – С. 97-105.
3. Катасонов В.Я. Инструкция по племенной работе с карпом в репродукторах и промышленных хозяйствах. – М.: ВНИИПРХ, 1982. - 38 с.
4. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Использование криоконсервированной спермы для осеменения больших партий икры сибирского осетра // Рыбн. хоз-во / Сер. Аквакультура. Информ. пакет "Проблемы сохранения геномов рыб". - М.: ВНИЭРХ, 1999. - Вып. 1. - С. 24-29.
5. Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Технология криоконсервации и хранения в низкотемпературном банке спермы рыб // Сб. науч.-технол. и метод. документации по аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – С. 152-158.
6. Akcay E., Bozkurt Y., Secer S., Tekin N. Cryopreservation of mirror carp semen // Turk. J. Vet. Anim. Sci. 2004. V. 28. P. 837-843.
7. Horváth Á., Miskolczi E., Mihalffy S., Osz K., Szabo K.,Urbányi B. Cryopreservation of common carp (Cyprinus carpio) sperm in 1.2 and 5 ml straws and occurrence of haploids among larvae produced with cryopreserved sperm // Cryobiology. 2007. V.54. P. 251-257.
8. Konstantin Kovalev, Natalya Pronina, Olga Dokina, Vladimir Milenko. Method for large-scale production of sturgeon embryos using cryopreserved sperm. - 7th International Workshop on the Biology of Fish Gametes 3-6 Sept. 2019, Rennes, France.
9. Lahnsteiner F., Mansour N., Weismann T. A new technique for insemination of large egg batches with cryopreserved semen in the rainbow trout / F. Lahnsteiner, N. Mansour, T. Weismann // Aquaculture. - 2002. - V. 209. - P. 359-367.

УДК

ДЕЙСТВИЕ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ Е-СЕЛЕН НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СТЕРЛЯДИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УЗВ

Ковалева А.В.[1], Пономарева Е.Н.[1,2], Григорьев В.А.[1,2], Гераскин П.П.[2], Сорокина М.Н.[1,2]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук», пр. Чехова, 41, Ростов-на-Дону, 344006, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», ул. Татищева, 16, Астрахань, 414056, Россия, anhramova@yandex.ru

THE EFFECT OF VITAMIN AND MINERAL SUPPLEMENT E-SELENIUM ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF STERLET WHEN GROWN IN RECIRCULATION SYSTEMS

Kovaleva A.V., Ponomareva E.N., Grigoriev V.A., Geraskin P.P., Sorokina M.N.

Резюме. *В статье приводятся данные по применению комплексного препарата, в состав которого входят селенит натрия и токоферол (витамин Е), в виде инъекций, производителям стерляди (Acipenser ruthenus Linnaeus, 1758), Полученные данные подтвердили способность Е-селена регулировать обменные процессы в сторону формирования репродуктивной ткани за счет их оптимизации. Проявляется положительная динамика в протекании гаметогенеза, в частности, количество особей, репродуктивные клетки которых находятся на IV стадии зрелости увеличивается.*

Ключевые слова: *стерлядь, Е-селен, гаметогенез, репродуктивная ткань, метаболизм*

Summary. *The article presents the results of the use of the drug E-selenium (a complex of sodium selenite and tocopherol) in the form of injections to sterlet producers. The ability of E-selenium to regulate metabolic processes in the direction of the formation of reproductive tissue due to their optimization was confirmed. There was a positive trend in the course of gametogenesis, in particular, the number of individuals whose reproductive cells are at the IV stage of maturity increases.*

Key words: *sterlet, E-selenium, gametogenesis, reproductive tissue, metabolism*

Биологически активные вещества, и, в частности, антиоксиданты уже довольно длительное время используются в рыбоводстве для улучшения

физиологического состояния рыб при негативном воздействии факторов окружающей среды. Значительную роль среди них играют витамин Е и селен.

Селен – весьма важный для организма микроэлемент, принимающий участие в регуляции перекисного окисления липидов и в антиоксидантной системе организма, способствуя защите клетки от повреждающего действия перекисей. Данный элемент входит в состав глутатионпероксидаз (семейство ферментов, защищающих организм от окислительного повреждения), что важно для рыб, организм которых богат ненасыщенными легкоокисляемыми жирными кислотами [Li et al., 2014; Nastova et al., 2014; Nazari et al., 2017). Соединения селена способны защищать организм от токсического действия тяжелых металлов [Orun et al., 2012].

Дефицит селена вызывает у рыб потерю аппетита, заторможенность движений, снижение скорости роста, повышенную смертность и другие нарушения.

Витамин Е является наиболее активным природным жирорастворимым антиоксидантом. Это универсальный протектор клеточных мембран от окислительного повреждения, способен стабилизировать митохондриальную мембрану и экономить потребление кислорода клетками. По сравнению с другими гомологами токоферола (β, δ и γ), α-токоферол обладает самой высокой биологической активностью [Shahidi, Costa de Camargo, 2016; Саркисян и др., 2018].

Дефицит витамина Е приводит к нарушению целостности клеточных мембран, повышает проницаемость и ломкость капилляров, снижает устойчивость эритроцитов, нарушает целостность половых клеток, что негативно отражается на функции размножения [Остроумова, 2012].

Основным источником поступления витамина Е и селена в организм рыб является пища. Определено, что у пресноводных рыб самая высокая концентрация селена регистрируется в печени. Кроме того, накопление селена происходит в жаберных лепестках и гонадах.

Установлено, что селен необходим для биосинтеза белка на рибосомах, поддержания функции мембран и т.д. [Пудовкин и др., 2013]. При этом наблюдается снижение альбуминов и увеличение бета- и гамма- глобулинов приводит к увеличению общего количества белка в крови.

Согласно литературным данным [Остроумова, 2012], рыбам для поддержания в норме их физиологического состояния требуется селен в количестве от 0,15 до 0,50 мг/кг корма. Уровень обеспеченности организма рыб селеном может быть определен по активности фермента глутатионпероксидазы. В плазме форели при концентрации селена в рационе на уровне 1,38 мг/кг корма фиксировалась максимальная активность глутатионпероксидазы.

Потребности рыб в витамине Е зависят от количества жира, содержащегося в корме, особенно от степени его насыщенности. Значительные колебания потребностей в витамине Е от 20 до 500 мг/кг могут быть связаны с количеством жира и содержанием антиоксидантов в кормах. Потребность в витамине Е у лосося составляет 30 мг/кг, форели 100-500 мг/кг, карпа 50-500 мг/кг, канального сома 50 мг/кг [Остроумова, 2012]. Наиболее оптимальной нормой ввода токоферола в состав комбикормов осетровых рыб является 50 мг/кг корма [Бахарева, 2016].

Антиоксидантный эффект витамина Е значительно усиливается при его сочетании с селеном, что объясняется синергизмом их действия, то есть эти компоненты вместе действуют более эффективно, чем по отдельности. Токоферолы (витамин Е) подавляют переокисление ненасыщенных жирных кислот и, таким образом, сдерживают образование пероксидов, а селен в составе глютатионпероксидазы разрушает уже образовавшиеся соединения.

Ранее нами проводились исследования на молоди русско-ленского осетра (Acipenser gueldenstaedtii Brandt, 1833 × Acipenser baerii Brandt, 1869) по изучению влияния препарата Е-селен на скорость роста, накопление массы, а также физиологическое состояние организма рыб. В результате было выявлено положительное влияние корма, содержащего добавку Е-селен, выражающееся в увеличении темпа линейного роста и массонакопления экспериментальной молоди [Металлов и др., 2013].

Исследования, проведенные на производителях осетровых видов рыб, выявили целесообразность введения препарата Е-селен для улучшения физиологического статуса и регуляции репродуктивной функции производителей осетровых рыб [Металлов и др., 2019].

Цель исследований состояла в выявлении закономерностей в изменениях функционального состояния производителей и развития их репродуктивной системы при корректировке дозировок препарата и определении его эффективности.

Объектом исследования являлись производители стерляди (Acipenser ruthenus Linnaeus, 1758). Исследования по управлению генеративным обменом у производителей осетровых рыб проводились в аквариальном комплексе Береговой научно-экспедиционной базы «Кагальник» (Ростовская область, п. Кагальник). Экспериментальные рыбы содержались в установке с замкнутым водообеспечением при постоянном термическом (19,5–21,5 °С) и гидрохимическом (содержание кислорода 6,4–8,7 мг/л, значения pH — 7,6–8,1) режимах [Timmons M.B. et al., 2002]. Кормление проводили продукционным кормом Coppens.

Для инъецирования использовали комплексный витаминный препарат Е-селен, содержащий в 1 мл селен в виде селенита натрия – 0,5 мг и витамин Е – 50 мг.

Определение стадий зрелости рыб проводили методом ультразвукового исследования (УЗИ) с использованием сканера Sono Scape.

Показатели массы практически не изменились. Однако, следует отметить, что наши ранние исследования свидетельствовали об обратном (фиксировали увеличение массы производителей в опытном варианте на 4,4 %, при том, что в контроле масса увеличилась лишь на 1,7 %) [Григорьев и др., 2019]. Данное обстоятельство, вероятнее всего, связано с тем, что энергетический потенциал организма рыб, а также белковый и липидный обмены, при поступлении в органы и ткани комплекса Е-селен был направлен на деятельность репродуктивной функции и формирование гонад.

При определении степени развития репродуктивных органов у исследуемых рыб, выявлено, что в начале эксперимента 46,7 % самок в опыте и 30 % в контроле находились на II стадии зрелости гонад. При проведении инъекций производителям стерляди, содержащимся в условиях замкнутого водоснабжения, фиксировали увеличение количества особей, генеративная ткань которых находилась на IV стадии зрелости, на 6,6 %. При этом, доля производителей со II стадией зрелости гонад (СЗГ) снизилась на 9 %, с III СЗГ — увеличилась — на 3,3 %. В контрольном варианте количество рыб, имеющих IV СЗГ, по результатам эксперимента снизилось, репродуктивные клетки доли рыб с IV СЗГ подверглись резорбции; со II СЗГ увеличилось на 6,7 %. Доля рыб, гонады которых находились на III СЗГ, осталась неизменной (23,3 %). Следует отметить также, что коэффициент поляризации ядра ооцита самок, находящихся на IV СЗГ, составил в среднем 0,15–0,17, что характеризует их по классификации М.С. Чебанова, Е.В. Галич [Chebanov, Galich, 2011] как «близких к созреванию» и «способных к созреванию».

Одним из критериев физиологического состояния организма являются гематологические показатели.

Значение СОЭ за период эксперимента изменилось незначительно: в опыте наблюдали понижение в среднем на 4,4 % (3,25 мм/ч), а в контроле – повышение на 52,6 % (3,27 мм/ч) [Металлов и др., 2018].

Уровень гемоглобина в крови рыб, которые получали инъекции Е-селена, к концу эксперимента снизился на 8 %, а в контроле — увеличился на 4,6 %. В общем, отмечался довольно высокий уровень гемоглобина в обоих вариантах, соответствующий верхней границе нормы, находящейся в диапазоне 50–80 г/л [Металлов и др., 2018].

Отмечено, что концентрация общего белка в сыворотке крови обоих групп рыб за период эксперимента повысилась, но не выходила за границы принятой

нормы (для осетровых в естественных условиях 28–40 г/л), однако в опыте это повышение было небольшим, тогда как в контроле — на 25,2 %. Это свидетельствует о том, что обменные процессы рыб при добавлении Е-селена направлены в сторону формирования генеративной ткани, а также о более эффективной утилизации компонентов кормов в опытном варианте. Вероятно, высокий уровень сывороточного белка в контроле обусловлен состоянием стресса производителей [Гераскин, 2013].

В липидном обмене зафиксировано снижение концентрации триглицеридов, холестерина и β-липопротеидов. Такое явление наблюдается при завершении процесса формирования гонад и полного созревания производителей.

Поскольку холестерин связан с синтезом кортикостероидных гормонов, увеличение количества которых происходит при нахождении объекта в состоянии стресса, то снижение уровня холестерина в опытном варианте на 36 % может указывать на протекторное действие препарата Е-селен при наличии неблагоприятных факторов окружающей среды.

В целом, результаты исследований, направленных на управление генеративным обменом осетровых рыб, подтвердили способность комплексного препарата селенита Na и токоферола (витамина Е) в дозе 0,12 мл на 1 кг массы рыб регулировать обменные процессы в сторону формирования репродуктивной ткани за счет энергетических резервов организма рыб.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН № 01201354245 с использованием УНУ «МУК» ЮНЦ РАН и Биоресурсной коллекции редких и исчезающих видов рыб ЮНЦ РАН № 73602.

Список использованных источников

1. K. Nazari, M. Shamsaie, N. Eila, A. Kamali, I. Sharifpour, Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16(1), 238-251 (2017)

2. I. Orun, Z.S. Talas, A. Alkan, Fresenius Environmental Bulletin, 20, 104-10, (2012)

3. F. Shahidi, A. Costa de Camargo, Int. J. Mol. Sci, 17(10), 1745 (2016) doi:10.3390/ijms17101745

4. А.А. Бахарева Научно-обоснованные методы повышения продуктивности ремонтно-маточных стад осетровых рыб за счет оптимизации технологии кормления и содержания в условиях рыбоводных хозяйств Волго-Каспийского бассейна: автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук : 06.02.08, 06.02.10/ Самарская государственная сельскохозяйственная академия (Астрахань: Изд-во ФГБОУ ВПО «АГТУ»), 32 (2016)

5. П.П. Гераскин Реакция организма каспийских осетровых (Acipenseridae) на загрязнение среды обитания: автореф. дис. … докт. биол. наук:

03.03.01 / Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева (Астрахань: Изд-во ФГБОУ ВПО «АГТУ»), 32 (2013)

6. Григорьев В.А., Гераскин П.П., Ковалева А.В., Металлов Г.Ф. Влияние неорганических соединений селена на репродуктивную функцию рыб // 63-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию Астраханского технического университета: Материалы конференции / г. Астрахань (22–26 апреля 2019 г.). — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2019. — С. 208–209.

7. Г.Ф. Металлов, В.А. Григорьев, А.В. Ковалева, О.А. Левина, М.Н. Сорокина Вестник Южного научного центра, 9(2), 57–67 (2013)

8. Г.Ф. Металлов, Е.Н. Пономарева, М.Н. Сорокина, В.А. Григорьев, А.В. Ковалева, М.В. Яицкая, Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Всерос. выстав. центр, г. Москва (5 февраля 2019 г.), С. 219–225 (2019)

9. Н.А. Пудовкин, П.В. Смутнев, А.Ю. Кутепов. И.Ю. Кутепова, Вестник ветеринарии, 65(2/2013), 53 – 56, (2013).

10. И.Н. Остроумова Биологические основы кормления рыб (СПБ: ГосНИОРХ, 2012)

11. В.А. Саркисян, В.М. Коденцова, В.В. Бессонов, А.А. Кочеткова, Вопросы питания, 87(3), 5-11 (2018) DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10025

12. M.S. Chebanov, E.V. Galich, Guidelines for artificial reproduction of sturgeon: FAO Technical report on fisheries (2011) http://www.fao.org/3/a-i2144r.pdf

13. X. Li, D. Yin, J. Yin, Q. Chen, R., Food Chem Toxicol, 72:169–77 (2014) doi: 10.1016/j.fct.2014.07.023. Epub 2014 Jul 22.

14. G.F. Metallov, E.N. Ponomareva, V.A. Grigoriev, A.V. Dubovskaya, P.P. Geraskin, O.A. Levina, M.N. Sorokina Bulletin of the Astrakhan state technical University. Series: fisheries 4, 117-131 (2018).

15. R. Nastova,N. Gjorgovska, V. Kostov, Life Scientific Journal, 3(1), 104-107, (2014)

16. M.B. Timmons, J.M. Ebeling, F.W. Wheaton, S.T. Summerfelt, B.J. Vinvi. Recirculating Aquaculture Systems. — USA, NY, Ithaca: Northeastern Regional Aquaculture Center, Cayuga Aqua Ventures, 769 (2002)

УДК 639.3

СОЗДАНИЕ БЕЗУБЫТОЧНЫХ РЫБОВОДНЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Козлов А.В.

ФГБОУ ВО Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

ESTABLISHMENT OF VEHICLE FISHING FARM FARMS

Kozlov A.V.

Резюме. *Предлагаются варианты сохранения и реанимирования разорившихся фермерских рыбоводных хозяйств в стране. Для чего проведен анализ состояния аквакультуры в нашей стране и преуспевающих в рыбоводстве стран и предложены некоторые интегрированные модели развития.*

Summary*. Options are proposed for the preservation and revitalization of ruined fish farms in the country. For this, an analysis of the state of aquaculture in our country and countries that are successful in fish farming has been carried out, and some integrated development models have been proposed.*

На сегодняшний день в России добывается в 35 раз больше рыбы, чем выращивается (1). В то же время, Интернет пестрит объявлениями о распродаже обанкротившихся карповых и форелевых хозяйств. Для стабилизации процессов распада отрасли предлагается разрабатывать прибыльные технологии.

Ставилась задача - предложить модели безубыточных интегрированных рентабельных технологий

Под бизнес - моделированием интегрированных технологий на рыбоводных фермах нами подразумевается имитированная, реально существующая система связанных между собой технологических блоков, когда на их экономических показателях, по результатам расчетов, можно судить о реальных сокращениях затрат, происходящих в действительности, приводящих сочетание различных, ранее убыточных производств рыбной и другой продукции в рентабельно состояние.

Модели условно разделены на интегрированные сочетания. Некоторые сочетания могут, на первый взгляд, оказаться необычными, поэтому для каждого хозяйства, исходя из условий, а главное возможности реализации продукции будут своими.

1. Комплексное использование агробиоценоза: зеркала прудов, примыкающих участков дамб и неудобий (2.3).

1.1. Рыба + водоплавающая птица + цех по переработке пухо – перьевого сырья + изделия (куртки).

1.2. Рыба + шиншиллы + земляные черви – цех по переработки шкурок, пошив меховых изделий (4)

1.3. Рыба + примыкающие неудобья (навогодние ёлки, облепиха, каперсы)

1.4. Рыб а+ примыкающие неудобья для выпаса (овцы, козы)

1.5. Рыба в садках + поле (арахис) + степь (индюшки)

1. 6. Рыба + поле (голубика, арахис, тархун, сельдерей, артишок и т.д.).

2. Комплексное использование прудов в аквасевообороте: рыба + с/х культуры на ложе прудов:

2.1. Рыба- овощи-рыба

2.2. Рыба - зерно –рыба

2.3. Орошаемое поле (с/х культуры): деградация почв- сооружение дамб по периметру поля - заполнение одомбированного участка водой - вселение мальков- выращивание рыбы (2-3 сезона) - спуск воды и облов рыбы - рассолонение почв- (ложе пруда) – поле с хорошей почвой – посадка с/х культур

2.4. Реконструкция рисовых карто-чеков в рыбоводные пруды

3. Перевод хозяйства от разовой реализации рыбы к периодичности производства и многоразовой реализации (форели).

4. Туризм с проживанием, народные промыслы

5. Дегустационный зал и ресторация, русская баня, разведение домашних животных и контактный зоопарк

6. Использование в рыбоводстве ирригационных водоемов (сетчатые садки, зарыбление, коммерческая рыбалка) (6,9,11,12).

7. Производство риса и рыбы на юге России

Создание моделей и плана дорожной карты

В табл. 1. представлена общая схема составления дорожной карты.

В таблицу включают такие характеристики, как время, источник начального финансирования, а затем, развитие зависит от спроса на выращиваемую продукцию, затратности технологии, которую выбирает руководитель или крестьянин - собственник, качества воды источника водоснабжения, налоговое бремя и т.д. Главное, чтобы в результате функционирования производства получаемая прибыль могла позволять осуществлять расширенное воспроизводство.

Таблица 1 - План дорожной карты создания безубыточного рыбоводного хозяйства

1 Производство и реализация рыбы (малоприбыльная схема)	2 Поиск резервов удешевления производства рыбы	3 Поиск резервов в технологи производства продукции. Внедрение интегрированных технологий	4 Способ реализации продукции для увеличения годовой прибыли	5. Поиск резервов: производство дополнительной продукции и оказание услуг
Технология 1. Приобретение мальков весом 100 г	2.Выращивание товарной рыбы весом 600-1000 г		4. Реализация оптовикам (работа на грани разорения)	
Технология 2.То же	То же		реализация товарной продукции 4 раза в год, вместо одного раз (дополнительная прибыль 4 млн руб)	
Технология 3 То же	То же	3.Приготовление на мангале (простая переработка рыбы)	4. Реализация в розницу (получение до 1 млн руб прибыли)	
Технология 4. То же	То же	3. Глубокая переработка форели (блюд из рыбы)	4.Реализация продукцию в розницу через свои торговые точки: магазин, кафе, ресторан (получение до 10 млн. руб прибыли)	
Технология 5. То же	2.Выращивание товарной рыбы, ремонтно-маточного стада, создание собственного инкубцеха, получение собственного посадочного материала весом 100 г.	3.-изготовление собственных кормов для форели разного размера - Изменения в годичном цикле выращивания	4.Реализация посадочного материала и излишков красной икры (дополнительная прибыль 4-5 млн руб)	

Экономическая оценка каждого уровня дорожной карты

Первый уровень – живая рыба выращена и реализована. Эта схема осталась в прошлом, когда существовала дотация на произведенную рыбу. При сложившейся экономической ситуации в отрасли такое производство практически не приносит прибыли.

Второй уровень получение дополнительной прибыли - мелкотоварная переработка рыбы (1-2 т продукции в день), производство полуфабрикатов (филе, стейков, наборов для ухи), а также копченых, запеченных и других изделий и реализация через собственную торговую точку (рис. 1).

Рисунок 1 - Реклама продажи выращенной и переработанной продукции в собственном магазине для посетителей на КФХ в Дагестане (2019 г.).

Третий уровень специализации представляет интегрированное производство (непромышленных) продуктов питания с учетом имеющихся природных ресурсов – выращивание водоплавающей птицы, околоводных пушных зверьков, овец и коз, растительной продукции на дамбах и прилегающих земельных участках.

Потенциалом роста товарного производства может стать четвертый уровень расширения рынка – переработка выращенной дополнительной продукции (производство перо –пуховых и пушных изделий), изготовление шкурок и пошив шуб, шапок и т.д.

Примеры интеграции:

шиншиллы + земляные черви + хищные рыбы +гумус + овощи + цех по переработки шкурок, пошив меховых изделий.

Женские шубы из шиншилл стоят около 30 тыс. долл.

Созревший компост хранится в бурте или ящиках в виде загородки без дна и расходуется на корм червям по мере необходимости (рис.2-6).

Рисунок 2 - Ящики – желоба для культивирования земляных червей и получение гумуса

Биомасса, полученная за 150 дней на 1м^2 на воздухе в помещении за 300 дней (Т-20°) Получаемая биомасса с 1 м^3 субстрата Получено биогумуса от заложенного субстрата	кг “ “ %	6-9 (7) 9-12 20 40
Получено субстрата от свежего навоза с подстилкой	%	50
Стоимость червей: за 1 кг оптом экогумуса за 1 кг	руб. “ “	2000 1000 5
Получено с 1 м3 навоза в процессе перегнивания: кабачки-цукини Огурцы	кг “	30 10

Рисунок 3 - Кабачки -продукция, полученная на гумусе

Рисунок 4 - Кормление форели (в том числе) земляными червями

Рисунок 5 - Продукция фермы – шуба из шкурок шиншилл

Пятый уровень получения дополнительных денежных средств на ферме - развитие непроизводственных сфер услуг. Так же, как и в растениеводстве, где городским жителям предлагается принять участие в сборе винограда или клубники, фермер - рыбовод приглашает желающих (за отдельную плату для себя) вылавливать рыбу из прудов. При этом кроме платной рыбалки хозяин предоставляет еще комплекс услуг (ресторанное питание, проживание в построенных домиках, аттракционы, пляж, катание на лодках и т.д.) (рис. 6).

Рисунок 6 - Рекреационные зоны на фермерских рыбоводных хозяйствах

Государству остается осуществлять необходимую поддержку развития отраслевых факторов производства (рыбоводное оборудование, посадочный материал, корма, ветпрепараты и т.д.).

Производство «органической» продукции как резерв роста прибыли

Резервом получения дополнительной прибыли может стать производство «органической» продукции, которая имеет более высокую реализационную стоимость, как «фермерская прудовая рыба» (7,8).

С 1 января 2020 г. в России официально вступил в силу закон N 280-ФЗ «Об органической продукции». Производитель может направлять в розничную продажу рыбу стандарта «органик» по повышенной розничной цене. При таком подходе крестьянин, даже при небольших объемах производства, получает прибыль, позволяющую ему благополучно выживать.

Потребитель под понятием «фермерская прудовая рыба» подразумевает, как выращенная не в бассейнах с применением комбикормов, а в естественных условиях пруда. То есть рыба нагуливается за счет естественной пищи в конкретном пруду, который питается чистой водой из местной речки и, поэтому, получается здоровое и вкусное мясо.

Экономическим преимуществом данной технологии является отсутствие необходимости специального кормления рыбы с добавками стимуляторов роста, что позволяет использовать для производства рыбы, к примеру, неиспользованный фонд прудов на существующих рыбхозах, часто не востребованных из-за зарослей водной растительности и сильной заиленности ложа. Это позволяет аренду водоемов по минимальной стоимости или бесплатно.

Оценка «невидимой руки рынка» как регулятора экономики

После перехода к рыночной экономике в начале 90-х годов в среде российских экономистов-практиков была популярна Гайдаровская либеральная концепция «невидимой руки рынка, которая сама отрегулирует экономику». Однако, как показал опыт, в условиях экономики переходного периода и соответствующей, крайне сложной социально-экономической ситуации,

саморегулирования экономики не произошло. (12). Для развития фермерства в России первоочередной мерой остается государственное регулирование отрасли, в частности:

1) Доступ фермеров к источникам капитала, ориентированного на щадящие проценты (5, 6)). Закрепление на законодательном уровне федеральных и региональных стандартов качества, соответствующих им технических условий и маркировки для производства крестьянских продуктов питания с целью обеспечения прозрачности ценообразования, прослеживаемости товародвижения «от пруда до прилавка».

2) Доступ физических лиц к приобретению или аренде водоемов и прибрежных участков морей, организацию прозрачной государственной системы контроля качества (инспекции) производимой продукции, предписываемых стандартом (лабораторный контроль качества кормов, условий содержания и переработки, хранение готовой продукции, микробиологический контроль и пр.).

3) Создание научно-исследовательских фирм, пользующихся системой льгот при их участии в оказании консультационной помощи фермерам. Регулирование бесперебойного обеспечения фермерских хозяйств современными средствами производства, включая посадочный материал, корма (специализированные рецептуры для конкретных отраслевых стандартов, без использования антибиотиков, стимуляторов роста и гормонов), оборудование для мелкотоварной переработки рыбы и мяса, ветпрепараты, профильные консалтинговые услуги и пр.

4) Создание государственной бесплатной системы профессионально-технического образования для подготовки фермеров, включая базовые знания по вопросам бухучета, банковского дела и рекламы, как это имеет место в Индии.

Выводы

1. При общем производстве товарной рыбы в стране на 2018 год 237, 3 тыс.т, фермерская продукция составляет не более 5 %. Для продовольственной независимости страны производство рыбы во внутренних водоемах России, по примеру птицеводства, должно составлять не менее 1-2 млн. т. Наличие резерва водоемов, научные разработки ведущих институтов, климатические условия и другие резервы позволяют увеличение производства рыбы в разы. В этом случае роль крестьянских хозяйств может стать доминирующей. Примеров тому достаточно много (Китай, Вьетнам, Индия, Норвегия).

2. Рыбоводные КФХ в России могут успешно функционировать только при поддержке государства. Как только рыбоводные фермы лишаются доли госкапитала, они должны переходить на иной способ выживания – развивать дополнительные производства, интегрируя их с аквакультурой, включая сферу услуг.

Список использованных источников

1. Анализ состояния и перспективные направления развития аквакультуры: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.
2. Козлов В.И., Козлов А.В. Учебник по товарному рыбоводству: экономические решения. / Росинформагротех, М. 2017.- 258 с.
3. Козлов А.В. Экологическая оценка биопродуктивности малых водоемов для создания фермерских хозяйств - Эйдос, Калуга, Монография, - 2010.-148 с.
4. Чекановская О.В. Дождевые черви и почвообразование М.-Л.Изд-воАкадемии Наук СССР. -1956.-206с
5. Мухачев И.С. Биологические основы рыбоводства. – Тюмень: Из-во Тюменского гос. Ун-та, 2005. – 299 с.
6. Матишов Г.Г., Пономарёва Е.Н., Журавлёва Н.Г. и др. Практическая аквакультура. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 284 с.
7. Богерук А.К., Луканова И.А. Мировая аквакультура: опыт для России. М.: Росинформагротех, 2010. 364 с.
8. Мамонтов Ю.П., Захаров В.С. Пресноводное рыбоводство России – состояние и перспективы развития // Мат-лы межд. научно-практ. конф. «Аквакультура Европы и Азии: реалии и перспективы развития и сотрудничества». Тюмень: Госрыбцентр, 2011. С. 43-48.
9. Кашин В. Будущее за фермами на воде [Электронный ресурс]. URL: http://podmoskovye.bezformata.com/listnews/vladimir-kashin-budushee-zafermami/ 26292143/) (дата обращения: 20.03.2019).
10. Розумная Л.А., Шишанова Е.И. Об опыте работы фермерского культурного рыболовного хозяйства // Мат-лы докл. Межд. науч.- практ. конф. «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России», 24-27 сент. 2001 г.- Краснодар, 2001.- С.275-276.
11. Серветник Г.Е. Рыбохозяйственное использование водоёмов комплексного назначения (часть 1). – М.: Росинформагротех, 2001.- 208с.
12. Шохин А. Бизнес ожидал более быстрого выхода из кризиса/ Промышленник России №5 (127) 2011, С.12-17

УДК 639.2.052.2

ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ РЫБОЛОВНОГО ХОЗЯЙСТВА

Костоусов В.Г.[1], Гиряев А.С.[2]

[1] *Республиканское дочернее унитарное предприятие «Институт рыбного хозяйства», belniirh@tut.by*

[2] *Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, bio.otdel.mpr@tut.by*

ON EVALUTION OF THE EFFICIENCY OF THE FISHERIES

Kostousov V.G., Giryaev A.S.

Резюме. *Проанализированы данные по аренде рыболовных угодий, структуре и объемам вылова рыбы из них, экономической эффективности ведения рыболовного хозяйства арендаторами рыболовных угодий, результативности проведенного зарыбления, повышения рекреационной привлекательности угодий и оценки экологического воздействия ведения рыболовного хозяйства на среду обитания и ресурсы рыб. Предложена методика оценки эффективности ведения рыболовного хозяйства арендаторами рыболовных угодий с учетом имеющегося промыслового запаса рыбного стада.*

Ключевые слова. *Рыболовство, рыболовные угодья, аренда, экономическая эффективность, рекреационная привлекательность, зарыбление, рейтинговая оценка*

Summary. *The data on the lease of fishing grounds, the structure and volume of fish catch from them, the economic efficiency of fishing by the lessees of fishing grounds, the effectiveness of the stocking, increasing the recreational attractiveness of the grounds and assessing the environmental impact of fishing on the habitat and fish resources are analyzed a methodology for assessing the efficiency of fishing by the lessees of fishing grounds, taking into account the available commercial stock of the fish stock, is proposed.*

Key words. *Fishing, fishing grounds, rent, economic efficiency, recreational attractiveness, sticking, rating*

Ведение рыболовного хозяйства на внутренних водоемах – одно из направлений осуществления рыбохозяйственной деятельности в Республике Беларусь, основывающейся на эксплуатации природных ресурсов. Задачи рыболовства непосредственно связаны не только с процессом вылова, но и с проблемами управления промыслом и рыбными ресурсами. Развитие рыболовного хозяйства на базе ресурсов естественных рыболовных угодий направлено на организацию рационального режима эксплуатации, основанного

на знании состояния ресурсной базы и допустимой степени ее эксплуатации. Основное требование к ведению рыболовства – устойчивое использование существующих рыбных ресурсов, подразумевающее получение возможной рыбопродукции при сохранении биологического (видового) разнообразия рыб и возможности видовых популяций к восполнению промысловой и естественной убыли. В тоже время, ведение рыболовного хозяйства является одним из социально ориентированных направлений использования природных ресурсов, поскольку направлено на обеспечение внутреннего рынка и оказание услуг населению в активном отдыхе. Арендаторами рыболовных угодий за год перечисляется в доходы бюджета порядка 455 тыс. руб., что является существенным основанием для арендодателей (облисполкомы) к продолжению договорных отношений по вопросам аренды естественных водоемов. Кроме того, только за последние три года арендаторами посажено в рыболовные угодья на нагул 19057 тыс. экз. разновозрастной молоди рыб общей массой около 107 тонн. Сокращение или прекращение арендных отношений закономерно приведет к росту затрат республиканского и местных бюджетов на поддержание порядка и охрану рыболовных угодий, а также сохранение их биоразнообразия.

Вопрос целесообразности передачи угодий в аренду и эффективности рыболовного хозяйства на ее основе неоднократно дискутировался в общественных кругах и рассматривался на различных уровнях госуправления, при этом аргументами обычно выступают относительно небольшие объемы вылова, ограниченность ресурсной базы и низкая экономическая эффективность. Кроме того, при расторжении договоров аренды постоянно ставится вопрос о нанесении или не нанесении ущерба рыбным ресурсам от рыболовной деятельности, для чего необходима соответствующая методика. Следует отметить, что в оценке эффективности ведения рыболовного хозяйства не целесообразно подходить только с позиций рентабельности и получения дохода. В силу различий гидроэкологических параметров рыболовных угодий ведение рыболовного хозяйства на них должно иметь разную направленность, связанную с видовым составом и особенностями биологии обитающих рыб, разными технологическими подходами, направленными на повышение их рыбопродуктивности и эффективности рыболовства. Целесообразность передачи рыболовных угодий в аренду в настоящее время не предусматривает другой альтернативы, поэтому в оценке эффективности деятельности необходимо подходить исходя из комплексного подхода с учетом сравнительной характеристики результативности за определенный период как соотношения между достигнутыми результатами до и после передачи угодий в аренду. В основе такой комплексной оценки должны быть результаты деятельности арендаторов, связанной с охраной, воспроизводством и рациональным использованием рыбных ресурсов.

В основу методики оценки эффективности ведения рыболовного хозяйства арендаторами рыболовных угодий должна быть положена сравнительная характеристика результативности их деятельности за определенный период, эффективность которой может быть определена как соотношение между достигнутыми результатами до передачи в аренду и после передачи в аренду рыболовных угодий.

В рамках поставленной задачи были проанализированы результаты ведения рыболовного хозяйства арендаторами рыболовных угодий за период 2016-2018гг., включая выполнение квот вылова, рентабельность производства, выполнение мероприятий по зарыблению угодий и созданию условий для платного любительского рыболовства.

Ежегодно приказами Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь на основании рекомендаций РБО арендаторам устанавливаются квоты на вылов рыбы промысловыми орудиями и/или платным любительским рыболовством. Степень освоения доводимых промысловых квот арендаторами колебалась по годам от 57,6 % до 79,7 %, в среднем составив 67,2%. Причины недовыполнения квот промыслового вылова кроются как в самой организации промыслового рыболовства (недостаточная интенсивность промысла, ассортиментный состав применяемых орудий лова, относительно небольшая площадь арендуемых угодий, не позволяющая задействовать высокоэффективные рыболовные комплексы и механизировать процесс вылова рыбы), так и имеют субъективную природу (сокращение числа арендаторов, преимущественно малоценный состав получаемых уловов, сложности в оформлении разрешительных документов и ведении отчетной документации, угроза получения штрафов за возможность превышения квот вылова и т.п.).

Анализ экономической эффективности ведения рыболовного хозяйства арендаторами рыболовных угодий проведен на основании материалов, предоставленных облисполкомами по результатам мониторинга рыбохозяйственной деятельности за 2018г. и собранным по годовым отчетным данным экономических служб отдельных арендаторов. Из общего числа проанализированных водных объектов, переданных в аренду для промыслового рыболовства и организации платного любительского рыболовства, 80,8% эксплуатируются с положительной рентабельностью (Брестская, Витебская и Гомельская области от +0,9 до +11,6%), 19,2% - с отрицательной рентабельностью (Минская и Могилевская области от -20,5% до -35,6%).

Таким образом, можно констатировать, что экономическая эффективность ведения рыболовного хозяйства колеблется по областям и во многом зависит от того, какие направления хозяйственной деятельности прописаны в режиме – только промысловое рыболовство или промысловое рыболовство + организация платного любительского рыболовства. Более низкая экономическая

эффективность в последнем случае объясняется требованием договоров аренды по предварительному обеспечению создания условий для организации платного любительского рыболовства, только после чего арендатор имеет право взимать оплату. Последнее влечет существенный рост затрат в первые годы (на обустройство водных объектов, создание инфраструктуры, зарыбление), не покрываемых доходами от рыболовства, без должной гарантии их окупаемости в течении действия договора аренды. Помимо этого, на показателях экономической эффективности сказываются ставки арендной платы, устанавливаемой арендодателями для арендаторов рыболовных угодий. Устанавливаемый облисполкомами размер арендной платы зачастую превышает минимальные ставки, утвержденные Правительством, которые, в свою очередь, значительно разнятся по областям. В Брестской, Витебской и Гродненской областях минимальная арендная ставка превышена в 2 раза, в Минской – в 6 раз, в Могилевской – в 5 раз. В Гомельской области размер арендной платы находится на уровне минимальных ставок. Такая картина объясняется и тем, что арендодатели могут вводить повышающий коэффициент арендной платы при передаче водных объектов в аренду для организации платного любительского рыболовства, что соответствующим образом накладывается на стоимость путевок и последующий спрос на услуги рыболовства. При этом в некоторых случаях стоимость путевок не соответствует потребительской стоимости предоставляемых услуг. В частности, по Могилевской обл. отрицательная рентабельность у половины арендаторов объясняется низким спросом на оказываемые услуги несмотря на то, что ими были произведены предварительные затраты на зарыбление и благоустройство территорий, прилегающих к арендуемым водным объектам.

Закладываемое в договора аренды требование обязательности зарыбления способствовало тому, что за период 2016-2018гг. отмечены тенденции к снижению доли аборигенных видов в промысловых уловах при росте доли вселяемых видов (в среднем на 8,1%), что также способствовало некоторому росту рыбопродукции с единицы площади/протяженности угодий (на 11,9-32,8%). На фоне объема годового вылова (в среднем около 600 тонн в год) последнее позволяет говорить о некотором росте качественных показателей аренды.

Развитие рыболовного туризма предполагает повышение рыбопродуктивности водоема, рост доли ценных видов в составе ихтиофауны, наличие рыболовной инфраструктуры. Но рост рыбопродуктивности за счет обычных методов зарыбления рыбами прудового карпового комплекса часто сопровождается явлениями вторичного эвтрофирования, выражающимися в увеличении количества органической взвеси в воде и снижении качества вод. В свою очередь поддержание высокой прозрачности способствует усиленному

зарастанию мелководных участков и последующему их заилению. Обустройство стоянок и пляжей ведет к деградации прибрежных растительных сообществ и усиливает смыв органического и минерального вещества, способствуя «цветению» воды. Таким образом, рекомендуемые методы воздействия на экосистему для целей повышения рекреационной их привлекательности должны максимально сочетать возможности управления качеством вод при росте качественной значимости потенциальных уловов. Исходя из этого, повышение рекреационной привлекательности рыболовных угодий достигается как методами зарыбления, так и методами поддержания экологического благополучия. При этом, зарыбление дополнительным количеством хищных рыб не только способствует механизмам, направленным на повышение самоочищающей способности водоемов, но и влияет на рост рыболовной привлекательности, т.к. крупные хищники всегда более привлекательны в качестве объекта лова, нежели мелкие мирные виды. В качестве примера изменения рекреационной привлекательности рыболовных угодий, переданных в пользование для целей ведения рыболовного хозяйства можно привести оз. Б.Швакшты [2,3], где доходы от реализации путевок и стоимость совокупного улова после направленного зарыбления щукой и угрем возросли практически вдвое (на 95,5 и 84,4% соответственно). Проведение зарыбления может оцениваться не только через увеличение стоимости получаемого улова, но и через рост стоимостной ценности биологического разнообразия, под которым следует понимать стоимость затрат на воспроизводство объекта биоразнообразия. Для оценки последнего в Беларуси разработано и применяется ТКП 17.02-10-2013 (02120) [8], позволяющий оценить в денежном выражении стоимостную ценность биоразнообразия от проведения зарыбления рыболовных угодий. Таким образом, зарыбление видами, воспроизводство которых в естественной среде нарушено или недостаточно по ряду причин, может быть оценено как фактор эффективности ведения рыболовного хозяйства, наряду с другими экономическими показателями.

Анализ методических подходов в экологическом аудите и оценке рекреационной привлекательности водных объектов показал, что наиболее приемлемым является рейтинговая оценка на основании сопоставления ряда параметров [1,4-6]. По аналогии, в качестве метода при проведении сравнительной оценки эффективности ведения рыболовного хозяйства арендаторами рыболовных угодий также может быть использована рейтинговая оценка их деятельности. В качестве параметров рейтинговой оценки можно использовать такие показатели как: штат сотрудников, осуществляющих рыболовство и охрану угодий; соблюдение режима ведения рыболовного хозяйства, включая проведение мероприятий по технической и биологической

мелиорации, восстановлению нерестилищ, путей миграции и зимовальных ям; осуществление мер по охране угодий и поддержанию чистоты в прибрежной полосе; выполнение квот вылова; проведение рыбоводных мероприятий по увеличению промысловых запасов рыб и улучшение качественного состава уловов; выполнение рекомендаций по зарыблению и, как результат, поддержанию биоразнообразия; другие показатели, выбранные на основании требований, установленных пунктом 25 действующих Правил ведения рыболовного хозяйства и рыболовства [7]. Предложенные показатели должны отражать основные требования деятельности арендаторов, связанной с охраной, воспроизводством (пополнением запасов) и устойчивым (рациональным) использованием рыбных ресурсов. Основу для расчета частных рейтинговых оценок по каждому показателю составят коэффициенты роста, определяющие превышение фактически достигнутого уровня показателя по сравнению с базовым. Полученные результаты могут быть выполнены в виде матрицы, позволяющей провести частную рейтинговую оценку как совокупности средневзвешенных величин, взятых по отдельному виду деятельности показателей, позволяющих определить достижения по данному виду деятельности на основании выделенных критериев. Каждый критерий возможно оценить по бальной шкале от 3 (высокая) до 2 (средняя) и 1 (низкая степень эффективности). Обобщенная интегральная рейтинговая оценка эффективности ведения рыболовного хозяйства может быть получена как средневзвешенная величинам из суммы частных рейтинговых оценок и представлена в виде матрицы (табл.)

Показатель оценки эффективности ведения рыболовного хозяйства определяется как средневзвешенная сумма частных рейтингов ($\sum Эф_{i.}$) и принимается как: высокая – сумма баллов колеблется в диапазоне от 18 до 21; средняя, если сумма баллов колеблется в диапазоне от 11 до 17; низкая - от 7 до 10 баллов.

Рейтинговая оценка позволяет комплексно оценить и провести сравнение эффективности ведения рыболовного хозяйства различными субъектами независимо от направления деятельности или результатов производства в товарных (денежных) единицах.

Таблица – Матрица для оценки эффективности ведения рыболовного хозяйства на основании частных рейтинговых оценок

Направление ведения рыболовного хозяйства	Оценка эффективности выполнения мероприятий по ведению рыболовного хозяйства								Показатель оценки эффективности выполнения мероприятий, $\sum Эф_i$.
	Наличие штата, $Эф_1$	Соблюдение режима ведения рыболовного хозяйства, $Эф_2$	Охрана рыболовных угодий и поддержание чистоты, $Эф_3$	Выполнение рекомендаций по зарыблению, $Эф_4$	Поддержание биологического разнообразия*, $Эф_5$	Обеспечение квот вылова, $Эф_6$	Создание условий для платного любительского рыболовства, $Эф_7$	Наличие базы для ведения промыслового рыболовства, $Эф_8$	
организация платного любительского рыболовства									
ведение промыслового лова и организации платного любительского рыболовства									
ведение промыслового лова									

Примечание к таблице:

1.Наличие штата - показатель наличия трудовых ресурсов для ведения рыболовного хозяйства и охраны угодий: 3 балла – количество соответствует либо больше численности персонала по БЭО; 2 балла численность персонала меньше заявленной на 1-50%; 1 балл - численность персонала меньше заявленной на 51-100%;

2.Соблюдение режима ведения рыболовного хозяйства: 3 балла – все запланированные мероприятия выполнены; 2 балла – запланированные мероприятия выполнены не менее чем на 50%; 1 балл - запланированные мероприятия выполнены менее чем на 50%;

3.Выполнение мероприятий по охране рыболовных угодий и поддержанию в них санитарного порядка: 3 балла – все запланированные мероприятия выполнены; 2 балла – запланированные мероприятия выполнены не менее чем на 50%; 1 балл - запланированные мероприятия выполнены менее чем на 50%;

4.Выполнение рекомендаций по зарыблению: 3 балла – все запланированные мероприятия выполнены по видовой и возрастной структуре, объему ипериодичности вселения; 2 балла запланированные мероприятия частично выполнены с отклонением от одного из требований; 1 балл - запланированные мероприятия не выполнены;

5. Поддержание биологического разнообразия - проводят дополнительно при использовании в зарыблении краснокнижных, угрожаемых или хозяйственно значимых аборигенных видов рыб. Предлагаемая схема бальной оценки следующая: 3 балла – проведение зарыбления краснокнижными или угрожаемыми видами; 2 балла – проведение зарыбления ценными аборигенными хищными или редкими мирными видами; 1 балл – проведение зарыбления массовыми нагульными или аборигенными видами рыб.

6.Обеспечение квот вылова: 3 балла – ежегодные квоты вылова выполняются в полном объеме; 2 балла – выполняются не ежегодно или в объеме не менее 50- 80% годовой квоты; 1 балл- выполняются не ежегодно или в объеме не более 50% годовой квоты;

7.Создание условий для платного любительского рыболовства: 3 балла – все запланированные по БЭО и договорам аренды мероприятия выполнены в полном объеме и установленные сроки; 2 балла - мероприятия выполнены в полном объеме, но в сроки более запланированных; 1 балл - мероприятия выполнены частично и в сроки более запланированных;

8.Использование базы для ведения промыслового рыболовства: 3 балла - имеется в наличии и используется весь ассортимент орудий и плавсредств по БЭО для ведения эффективного рыболовства; 2 балла - не приобретены либо не используются в полном объеме орудия и плавсредства; 1 балл – не имеются / не используются в достаточной степени средства для ведения эффективного рыболовства.

Список использованных источников

1. Боголюбова С.А. Эколого-экономическая оценка рекреационных ресурсов. Учебное пособие/ С.А.Боголюбова.- М.: Академия, 2009.- 256 с.
2. Костоусов В.Г. Анализ экосистемного ответа гидрологического комплекса «озеро-река» на проведение рыбоводных мероприятий / В.Г.Костоусов [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства, 2016, В. 32, - С. 169-197.
3. Костоусов В.Г. Оценка воздействия рыбоводных мероприятий на экосистему озера и эффективность ведения рыболовного хозяйства /В.Г.Костоусов, Б.В.Адамович, Т.В.Жукова, И.Н.Селивончик // Весці НАН Беларусі, сер. аграрных навук, 2016, №.3.- С.94-98.
4. Колотова Е.В. Рекреационное ресурсоведение. Учебное пособие/ Е.В. Колотова .- М.: Менеджемент, 1999.- 217с.
5. Литвинов А.Е. Сравнительная оценка рекреационного потенциала гидрологических объектов на склонах Северо-Западного Кавказа / А.Е.Литвинов, З.А. Бекух // Известия Самарского научного центра РАН, Водные ресурсы, 2012, Т.14, №1(9).- С. 2355-2359.
6. Макаренко Е.П. Рекреационно-экологическая оценка водных объектов (на примере Томского района) /Е.П.Макаренко// Вестник Томского ГУ, 2013, №375.- С.179182.
7. Правила ведения рыболовного хозяйства и рыболовства. Утверждены Указом Президента Республики Беларусь от 8 декабря 20005г. № 580 «О некоторых мерах по повышению эффективности рыбохозяйственной деятельности, совершенствованию государственного управления ими» (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 5 декабря 2013г. № 551).
8. 8.ТКП 17.02-10-2013 (02120) Порядок проведения стоимостной оценки экосистемных услуг и определения стоимостной ценности биологического разнообразия/ Минприроды, Минск, 2013.- С. 9-11.

УДК 597.5:639.3.04+57.044

ОПЫТ АКВАРИУМНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ СЕГОЛЕТКОВ РЕЧНОГО ОКУНЯ *PERCA FLUVIATILIS* L. И ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* (L.) В ВОДЕ С РАЗНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ И СОДЕРЖАНИЕМ ГЛАВНЫХ КАТИОНОВ

Котегов Б.Г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, rutilus@yandex.ru

EXPERIENCE OF AQUARIUM CULTIVATION OF EUROPEAN PERCH *PERCA FLUVIATILIS* L. AND ROACH *RUTILUS RUTILUS* (L.) FRY IN WATER WITH DIFFERENT MINERALIZATION AND CONTENT OF MAJOR CATIONS

Kotegov B.G.

Резюме. *В аквариумных условиях проведены эксперименты по искусственному выращиванию сеголетков речного окуня и плотвы из икры, оплодотворенной на естественных нерестилищах двух малых водоемов. Выращивание производилось в воде с разной минерализацией (от 100 до 400 мг/л) и разным содержанием главных катионов – Ca^{2+}, Mg^{2+} и Na^{+}. Выяснено, что при выращивании в воде с высоким содержанием ионов кальция (более 100 мг/л) темпы линейного роста и выживаемость молоди речного окуня и плотвы снижались. Влияние высоких концентраций ионов натрия на рассматриваемые показатели этих видов рыб неоднозначно.*

Ключевые слова: *выращивание молоди рыб, речной окунь, плотва, минерализация воды, кальций, натрий.*

Summary. *The artificial cultivation of European perch and roach fry from caviar fertilized on the natural spawning grounds of two small reservoirs was conducted in the aquarium conditions. The cultivation was carried out in water with different mineralization (from 100 to 400 mg/dm^3) and different content of the major cations – Ca^{2+}, Mg^{2+} and Na^{+}. It was found that the rate of linear growth and survival of perch and roach fry decreased in the water with a high content of calcium ions (more than 100 mg/dm^3). The influence of high content of sodium ions on the considered parameters of these fish species is ambiguous.*

Key words: *cultivation of fishes, European perch, roach, water mineralization, calcium, sodium.*

Речной окунь *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 и плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) – наиболее распространенные, морфологически изменчивые и экологически пластичные пресноводные виды рыб из числа представителей ихтиофауны, обитающих в умеренной зоне Евразии [1, 2]. Изучение адаптационных возможностей этих видов предполагает использование методов экологических исследований, включающих в себя не только натурные наблюдения, но и лабораторные эксперименты, которые позволяют в целенаправленно задаваемых и контролируемо изменяемых искусственных условиях анализировать процессы их жизнедеятельности и онтогенеза. В отношении влияния различных абиотических факторов водной среды, как правило, наиболее уязвимы особи пресноводных рыб, находящиеся на ранних этапах своего индивидуального развития [3, 4], поэтому характеристики именно таких особей (эмбрионов, личинок, мальков) чаще всего оцениваются в условиях аквариумных экспериментов. Так, на примере речного окуня разные авторы изучали влияние ряда естественных физико-химических факторов среды на рост и выживаемость его эмбрионов и личинок [5-7], на примере плотвы – влияние химических экотоксикантов на морфогенез личинок и мальков этого вида [8, 9]. В том случае, когда подобные эксперименты носят длительный (хронический) характер и охватывают несколько периодов раннего онтогенеза рыб, могут возникать дополнительные проблемы, связанные с необходимостью постепенного и направленного изменения ряда характеристик условий содержания, которое должно быть адекватным закономерному изменению во времени потребностей развивающихся особей – в первую очередь, кормовых. В этой связи разработка технологий поэтапного выращивания молоди рыб актуальна не только для нужд товарной аквакультуры и реализации рыбоводных мероприятий по компенсации ущерба рыбному хозяйству естественных водоемов, но и для фундаментальных экологических исследований с прикладным выходом на биотестирование качества водной среды с использованием гидробионтов. Цель настоящей работы – апробировать технологию выращивания морфологически сформированных сеголетков речного окуня и плотвы из икры, оплодотворенной естественным способом, в аквариумных условиях с разной минерализацией воды и содержанием в ней главных катионов (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}).

Материал и методы исследований

10 мая 2018 года на естественном нерестилище небольшого плотинного пруда, находящегося в Завьяловском районе Удмуртской Республики, отобрано шесть «лент» оплодотворенной икры речного окуня по 10–20 тыс. икринок в каждой. Температура воды в водоеме в это время была 11–12°C, общая

минерализация воды (TDS) – около 190 мг/л. Отобранная с нерестилища икра окуня транспортирована в емкостях с природной водой в лабораторное помещение, находящееся в г. Ижевске, для последующей инкубации. В течение суток развивающиеся икринки прошли акклимацию в аэрируемых кюветах с отфильтрованной прудовой водой, смешанной с водой контрольного химического состава в пропорции 1:1. В качестве контроля использована бутилированная питьевая вода высшей категории по ГОСТ («Волжанка», ПО Ундоровский завод минеральной воды, Россия) с общей минерализацией около 180 мг/л, содержанием Ca^{2+} – 38–41 мг/л, Mg^{2+} – 11–13 мг/л, Na^{+} – около 20 мг/л. После акклимации «ленты» икры были фрагментированы и очищены от нарушенных участков, содержавших погибшие эмбрионы. Очищенные фрагменты перемешаны и размещены случайным образом в восьми пластиковых квадратных 32-литровых контейнерах-аквариумах с начальным объемом контрольной воды – 2 л. Исходное количество икринок речного окуня в каждом аквариуме – в среднем 5–7 тысяч. Далее в течение пяти суток в аквариумы добавляли ежедневно по 1 л воды разной минерализации с различным содержанием главных катионов. В два аквариума наливали только контрольную питьевую воду, соответственно, в них созданы контрольные экспериментальные группы окуня Con180(1) и Con180(2). В остальные шесть аквариумов наливали контрольную воду с добавлением в нее растворенных хлоридных солей кальция, магния или натрия в двух повторностях таким образом, чтобы за пять суток постепенно повысить ее общую минерализацию от 180 до 380 мг/л. В результате создано еще шесть экспериментальных групп окуня: группы Ca380(1) и Ca380(2), которые развивались в воде с увеличением содержания Ca^{2+} до 120 мг/л, группы Mg380(1) и Mg380(2) (Mg^{2+} – около 50 мг/л), группы Na380(1) и Na380(2) (Na^{+} – более 100 мг/л).

Все аквариумы расставлены случайным образом в ограниченном пространстве на одном вертикальном уровне. Далее ежедневно в каждый из аквариумов добавляли еще по 1 л воды с заданным ранее гидрохимическим составом, доведя в конечном итоге через 4 недели эксперимента объемы воды в них до максимальных значений в 30 л. В последующий период (5–8 недели эксперимента) объемы воды в аквариумах более не изменяли. Заданные гидрохимические параметры условий выращивания молоди рыб сохраняли до конца эксперимента в пределах колебаний ± 10 % от исходных величин общей минерализации. Содержание растворенного кислорода в воде аквариумов поддерживали в пределах 9–11 мг/л за счет принудительной аэрации, температура воды изменялась от 20–22°C днем до 16–18°C ночью, основное освещение было естественным с затенением и нормальным суточным ритмом. В

часы кормления аэрацию в аквариумах прерывали и включали на 30–40 мин дополнительное искусственное освещение светодиодными лампами. Аквариумы каждый день очищали от органических остатков и удаляли из воды мертвых особей рыб.

Живой пелагический корм стали добавлять в аквариумы сразу после начала выхода ранних личинок окуня из яйцевых оболочек (на 7-е сутки эксперимента): сначала в виде мелкого природного зоопланктона, отловленного планктонной сетью Апштейна в одном из малых прудов в окрестностях г. Ижевска. Кормовой зоопланктон в этом водоеме был представлен преимущественно весенними формами коловраток (тип Rotifera) и науплиальными стадиями веслоногих ракообразных (отр. Copepoda, кл. Crustacea). Его сгущенные и перемешанные пробы добавляли в каждый из аквариумов на протяжении первых 10 суток с момента начала вылупления личинок окуня: сначала по 100 мл 3 раза в день, через 3 суток – 2 раза в день.

На 4-е сутки после начала кормления ранних личинок окуня вместе с мелким природным зоопланктоном стали добавлять более крупных по размеру науплий низших ракообразных из рода *Artemia*, искусственно выращенных из сухих цист. Каждые сутки для инкубации закладывали одну чайную ложку цист артемий на 5 л 1%-ого соляного раствора, приготовленного на основе морской соли. Вылупившихся артемий концентрировали в одной части прозрачной емкости с раствором, привлекая на свет лампы, далее отсасывали резиновой грушей, отфильтровывали, промывали дистиллированной водой и подавали пипеткой-капельницей поровну в каждый из аквариумов. Кормление рыб науплиями артемий производили в течение 4 недель 2 раза в день. Спустя 3 недели после вылупления первых личинок окуня, когда самые крупные из них достигли размера 18–20 мм, соответствующего переходу на первый мальковый этап развития, в их живой корм, состоящий из науплий артемий, стали добавлять фрагментированных олигохет-трубочников (сем. Tubificidae) длиной 5–10 мм. Олигохетами продолжали кормить подрастающих мальков окуня до конца эксперимента – до 5 июля 2018 года – 2 раза в день из расчета 1 г червей на одно кормление, разделенных поровну на все аквариумы.

Кроме того, в 2018 году проведен эксперимент по выращиванию в аквариумных условиях сеголетков плотвы из икры, оплодотворенной естественным образом. В качестве посадочного материала использована икра этого вида рыб, собранная в начале нерестового периода (16 мая) с нижней части сплавины в прибрежье залива небольшого выработанного и обводненного песчаного карьера, находящегося в Якшур-Бодьинском районе Удмуртской

Республики. Температура воды в водоеме в это время была 15–16°C, TDS – около 100 мг/л.

Растительный субстрат с приклеенными икринками плотвы и природной водой транспортирован в лабораторные условия инкубации, фрагментирован и распределен случайным образом по аэрируемым кюветам с водой контрольного химического состава. Для контроля, также как и в эксперименте с речным окунем, использована вода «Волжанка». После вылупления и перехода через 1–2 дня на экзогенное питание ранние личинки плотвы рассажены случайным образом по четырем 32-литровым аквариумам с начальным объемом контрольной воды 10 л. Далее во все аквариумы ежедневно добавляли по 2 л воды, дифференцированной по химическому составу. В одном из аквариумов гидрохимические параметры не изменяли, здесь развивалась контрольная группа плотвы Con180. В трех других аквариумах минерализацию воды постепенно в течение 10 дней увеличивали до 400 мг/л тремя разными способами: добавлением растворенных хлоридных солей кальция, магния или натрия. В них развивались экспериментальные группы плотвы Ca400, Mg400 и Na400 соответственно.

Плотность посадки личинок плотвы в начале эксперимента составила около 80 экз. на один аквариум, температурный режим выращивания соответствовал комнатным условиям (20–25°C), световой режим характеризовался естественным освещением и суточным ритмом. Воду в аквариумах постоянно аэрировали и очищали от осадка, два раза в месяц ее обновляли на 1/6 часть с сохранением заданных гидрохимических параметров. Ранних личинок плотвы, также как и речного окуня, выкармливали сначала мелким природным зоопланктоном (в течение первых 2-х недель после их перехода на экзогенное питание), потом постепенно переводили на кормление живыми науплиями артемий. Через 10 недель после начала эксперимента, когда размеры наиболее крупных личинок плотвы достигли 18–20 мм, их стали постепенно переводить с «живого» рациона на питание смесью сбалансированных и измельченных сухих кормов для аквариумных карповых рыб. Сухую кормовую смесь добавляли во все аквариумы с подрастающей молодью плотвы в равных объемах ежедневно утром и вечером в течение всего оставшегося времени до конца эксперимента, общая продолжительность которого составила 21 неделю.

В 2019 году эксперимент по искусственному выращиванию сеголетков речного окуня из икры, оплодотворенной естественным образом, был повторен с некоторыми модификациями. 4 мая этого года на нерестилище обводненного карьера, откуда годом ранее был взят для эксперимента посадочный материал

плотвы, отобрано шесть «лент» оплодотворенной икры окуня по 15–25 тыс. икринок в каждой. Температура воды в водоеме в это время была 10–11°С, содержание растворенного O_2 – 11–12 мг/л, TDS – около 100 мг/л, содержание Ca^{2+} – 35,1 мг/л, Mg^{2+} – 3,0 мг/л, Na^{+} – 5,0 мг/л. Концентрацию растворенного в воде кислорода измеряли портативным анализатором жидкости «Эксперт–001», минерализацию – портативным кондуктометром-солемером «TDS-meter HM Digital». Содержание ионов в пробах воды определяли в Центральной экологической лаборатории химического анализа Удмуртского государственного университета (г. Ижевск) по стандартным методикам.

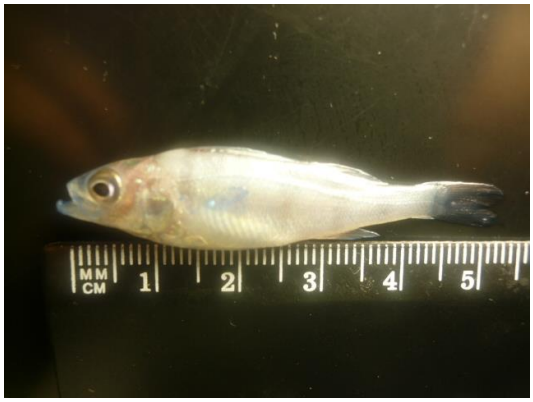
В течение суток развивающаяся икра окуня прошла акклимацию в лабораторных условиях в трех аэрируемых кюветах объемом 3 л с водой контрольного химического состава, обновляемой через 6 ч. В качестве контроля использована вода «Волжанка» из другой партии товара с общей минерализацией 160–170 мг/л и содержанием Ca^{2+} – 42,1–50,1 мг/л, Mg^{2+} – 6,7–12,2 мг/л, Na^{+} – около 30 мг/л. После акклимации очищенные фрагменты «лент», содержащие по несколько тысяч икринок, перемешаны и размещены случайным образом в десяти пластиковых квадратных 32-литровых контейнерах-аквариумах с начальным объемом воды – 4 л. В два аквариума налита вода контрольного гидрохимического состава, в них созданы контрольные экспериментальные группы окуня Con160(1) и Con160(2). Еще в два аквариума налита контрольная вода, разбавленная дистиллятом до значения общей минерализации 100 мг/л с уменьшением концентраций Ca^{2+} до 30,1 мг/л, Mg^{2+} – до 4,9 мг/л, Na^{+} – до 19,0 мг/л: созданы экспериментальные группы D-Con100(1) и D-Con100(2). В остальные аквариумы налита вода с общей минерализацией, повышенной сразу до значения 400 мг/л за счет добавления в контрольную воду растворенных хлоридных солей кальция, магния или натрия в двух повторностях. Таким образом, создано еще шесть экспериментальных групп окуня: Ca400(1) и Ca400(2) (Ca^{2+} – около 130 мг/л), Mg400(1) и Mg400(2) (Mg^{2+} – более 50 мг/л), Na400(1) и Na400(2) (Na^{+} – более 100 мг/л). Далее через сутки в каждый из аквариумов добавляли еще по 2 л воды с заданным ранее гидрохимическим составом, доведя в конечном итоге через 4 недели эксперимента объемы воды в них до максимальных значений в 30 л. В последующий период (5–8 недели эксперимента) объемы воды в аквариумах более не изменяли. Остальные условия и параметры эксперимента были такими же, что и в предыдущем 2018 году. Дата окончания повторного эксперимента – 29 июня 2019 года.

По окончании экспериментов у сформированных сеголетков речного окуня и плотвы измерена стандартная длина тела SL с оценкой средних значений

и коэффициентов вариации. Сравнительный анализ количественных результатов эксперимента проведен общепринятыми методами математической статистики с расчетом параметрического критерия Стьюдента (*t*) и рангового критерия Манна-Уитни (*U*) [10]. Для первичной обработки числовых данных и последующих расчетов использованы пакеты компьютерных программ MS Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение

В течение двух месяцев искусственного выращивания сеголетков речного окуня из оплодотворенной икры, собранной на естественном нерестилище небольшого водоема в 2018 году, удалось получить полностью сформированных, морфологически полноценных особей этого вида рыб в количестве 10–16 экз. на один 32-литровый аквариум при начальной плотности посадки в несколько тысяч икринок (рис. 1а). При этом полностью погибла одна линия окуня (экспериментальная группа Ca380(1)), развивавшаяся в условиях с высоким содержанием в воде ионов кальция. В остальных случаях основной отход особей происходил, как и ожидалось [4], двумя «волнами» – на стадиях вылупления и наполнения плавательного пузыря. Максимальные размеры сеголетков окуня отмечены в экспериментальных группах, развивавшихся в воде с добавлением ионов магния – их стандартная длина увеличилась почти до 50 мм (табл. 1). Минимальный размер (SL = 25 мм) зафиксирован у одной особи из группы Con180(1). В экспериментальной группе Ca380(2) к окончанию эксперимента выжили 13 экз. окуня, имевшие статистически значимо меньшие линейные размеры по сравнению с особями из объединенной контрольной группы Con180(1+2) (величина критерия Манна-Уитни 75,5; $p < 0{,}01$). Статистически значимых различий по длине SL между выжившими сеголетками речного окуня из объединенных групп Con180(1+2), Mg380(1+2) и Na380(1+2), также как и внутри этих групп между линиями 1 и 2, не обнаружено.



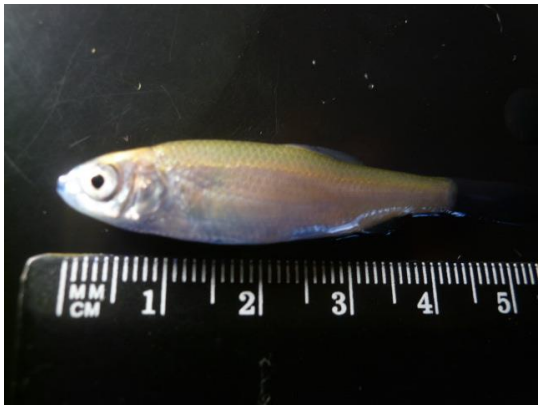


Рисунок 1 - Линейные размеры наиболее крупных сеголетков речного окуня (а) и плотвы (б), выращенных в аквариумных условиях, по окончании экспериментов

По результатам двухмесячного эксперимента 2019 года при выращивании из икры, оплодотворенной естественным образом, было получено от 2 до 16 сформированных сеголетков речного окуня на каждый из десяти аквариумов с максимальными линейными размерами 44–45 мм в экспериментальных группах, развивавшихся в воде с добавлением ионов натрия или магния (табл. 1). При этом особи из объединенной группы Na400(1+2) отличались статистически значимо большими значениями длины SL от экземпляров из объединенной контрольной группы Con160(1+2) и объединенной группы, которая развивалась в разбавленной дистиллятом контрольной воде D-Con100(1+2). Величины критерия Манна-Уитни составили соответственно 155 ($p < 0,05$) и 111,5 ($p < 0,01$). Экспериментальные группы речного окуня, развивавшиеся в воде с добавлением ионов кальция, характеризовались по окончании эксперимента наименьшей выживаемостью особей с наличием среди них самого мелкого экземпляра длиной SL 20 мм. Сеголетки окуня линий 1 и 2 во всех объединенных экспериментальных группах статистически значимых различий по стандартной длине не имели.

Таблица 1 - Средние величины и диапазоны варьирования длины SL сеголетков речного окуня и плотвы, выращенных в различных гидрохимических условиях, по окончании аквариумных экспериментов

Окунь–2018	$X_{ср}$±m	Min–Max	N, экз.	Окунь–2019	$X_{ср}$±m	Min–Max	N, экз.
Con180(1)	38,4±1,3	25–45	16	Con160(1)	31,1±0,8	27–38	16
Con180(2)	38,6±0,6	35–42	10	Con160(2)	31,1±1,7	23–37	8
Con180(1+2)	38,5±0,8	25–45	26	Con160(1+2)	31,1±0,7	23–38	24
Ca380(2)	34,8±1,2	29–43	13	D-Con160(1)	30,8±1,2	26–36	9
Mg380(1)	39,2±1,9	30–49	12	D-Con160(2)	29,8±0,9	24–34	12
Mg380(2)	38,3±1,3	34–48	10	D-Con160(1+2)	30,0±0,7	24–36	21
Mg380(1+2)	38,8±1,2	30–49	22	Ca400(1)	29,6±1,6	20–39	10
Na380(1)	35,9±1,2	31–45	12	Ca400(2)	30,5±0,5	30–31	2
Na380(2)	38,2±1,3	33–45	11	Ca400(1+2)	29,8±1,4	20–39	12
Na380(1+2)	37,0±0,9	31–45	23	Mg400(1)	32,5±2,3	29–44	7
Плотва–2018	$X_{ср}$±m	Min–Max	N, экз.	Mg400(2)	31,2±1,0	25–40	16
Con180	29,3±0,3	24–38	75	Mg400(1+2)	31,5±0,9	25–44	23
Ca400	27,1±0,7	19–40	58	Na400(1)	34,5±1,4	27–43	13
Mg400	28,4±0,6	18–40	65	Na400(2)	33,8±2,8	27–45	6
Na400	25,5±0,7	14–43	73	Na400(1+2)	34,3±1,3	27–45	19

Выращивание сеголеток плотвы из оплодотворенной икры, отобранной на естественном нерестилище, длилось около 5 месяцев – со второй половины мая по вторую половину октября 2018 года. За рассматриваемый период времени в каждом из четырех аквариумов удалось вырастить в среднем по 60–70 мальков этого вида рыб, максимальные линейные размеры которых достигали 40 мм в экспериментальных группах Ca400 и Mg400, в группе Na400 – до 43 мм (рис. 1б, табл. 1). Наряду со сформированными сеголетками во всех группах плотвы присутствовали особи первого малькового этапа с не полностью развитым чешуйным покровом, которые составляли не менее половины от общего числа выживших экземпляров. Наименьшая выживаемость личинок и мальков плотвы была характерна для экспериментальной группы, развивавшейся в воде с высоким содержанием Ca^{2+}: в этой группе в середине эксперимента (в июле) за двое суток погибло по неизвестным причинам 16 экз. поздних личинок. По окончании эксперимента выжившие сеголетки плотвы из экспериментальных групп Ca400 и Na400 имели статистически значимо меньшие размеры по сравнению с экземплярами из контрольной группы Con180. Величины критерия Стьюдента составили соответственно 2,81 ($p < 0,01$) и 5,04 ($p < 0,001$). При этом у особей плотвы из всех трех экспериментальных групп, развивавшихся в воде с повышенной минерализацией, коэффициенты вариации длин SL были статистически значимо выше по сравнению с контролем.

Можно отметить, что эмбрионально-личиночные и мальковые этапы онтогенеза у речного окуня в аквариумных условиях выращивания протекали значительно быстрее, чем у плотвы. Это в целом соответствует естественным различиям по темпам раннего развития рассматриваемых видов рыб, которые не только обитают совместно во многих пресных водоемах умеренной зоны, но и нерестятся часто на одних и тех же мелководных участках с определенным «люфтом» по срокам нереста [1, 2]. По нашим натурным наблюдениям, в малых прудах Удмуртии речной окунь нерестился в среднем на 1–2 недели раньше, чем плотва, и уже в середине лета в мальковые орудия лова попадали его сформированные сеголетки размером около 30 мм. Основная проблема выращивания молоди этого вида рыб в искусственных условиях состояла в необходимости кормления его особей живыми и подвижными объектами питания с момента вылупления первых ранних личинок из икры. Живые объекты зоопланктона должны были присутствовать в рационе личинок речного окуня в достаточном количестве и иметь определенные размеры, которые соответствовали возможностям схватывания и заглатывания их особями, находившимися на той или иной стадии личиночного развития. При этом своевременный и постепенный перевод ранних мальков окуня с питания

зоопланктоном (науплиями артемий) на питание живыми объектами зообентоса (червями-тубифицидами) предотвращал акты каннибализма. В то же время конкурентное подавление самых мелких его особей наиболее крупными экземплярами в процессе питания в аквариумных условиях сохранялось в той или иной степени даже при избытке доступных и подходящих по размеру объектов живого корма. Вероятно, вследствие таких особенностей пищевого поведения, более характерных для территориальных видов рыб, количество выживших сеголетков речного окуня, развивавшихся как в контрольных, так и в измененных абиотических условиях, было ограничено и для 32-литровых аквариумов, как правило, не превышало 10–15 экз.

Молодь плотвы в аквариумных условиях развивалась и росла гораздо медленнее, чем молодь речного окуня, что отчасти было связано с ее кормлением во второй половине эксперимента лишь сухими кормами. В то же время по окончании эксперимента в каждом из 32-литровых аквариумов оказалось в несколько раз больше выживших экземпляров плотвы, по сравнению с аквариумными экспериментами, в которых производилось выращивание молоди окуня. Как следствие, более высокие затраты по времени содержания и выращивания сеголетков плотвы были в какой-то степени компенсированы большим объемом полученного по окончании эксперимента ихтиологического материала.

Выживаемость молоди как у речного окуня, так и у плотвы была наихудшей в экспериментальных группах, которые развивались в аквариумных условиях с высоким содержанием в воде ионов кальция (более 100 мг/л). Как показали результаты эксперимента 2019 года, добавление в воду с контрольным химическим составом растворенного хлорида натрия с «резким» повышением ее общей минерализации до 400 мг/л в эмбриональный период развития речного окуня (до его вылупления из икры) способствовало в дальнейшем статистически значимому увеличению средних темпов линейного роста его личинок и мальков. Однако в 2018 году при аналогичном, но более растянутом во времени постепенном повышении минерализации воды за счет добавления в нее NaCl такого эффекта у речного окуня не наблюдалось. А у молоди плотвы, развивавшейся в аквариумных условиях с повышенным содержанием в воде Na^+, средние линейные размеры по окончании эксперимента, наоборот, оказались наименьшими по сравнению с размерами сеголетков из других экспериментальных групп.

Заключение

Таким образом, и речной окунь, и плотва могут рассматриваться в качестве модельных живых объектов, на примере которых в условиях аквариумного

эксперимента возможно изучать влияние химических факторов среды на процессы раннего онтогенеза пресноводных рыб. Технологии искусственного выращивания их молоди из оплодотворенной икры достаточно просты и экономичны, но имеют определенные ограничения, связанные в первую очередь с особенностями выкармливания личинок и мальков этих видов рыб в аквариумных условиях.

Список использованных источников

1. Атлас пресноводных рыб России / Под ред. Ю.С. Решетникова. В 2-х т. М.: Наука, 2003. Т. 1. 379 с. Т. 2. 253 с.
2. *Kottelat M., Freyhof J.* Handbook of European freshwater fishes. Cornol, Switzerland, Berlin, Germany: Kottelat & Freyhof, 2007. 646 p.
3. *Алабастер Дж., Ллойд Р.* Критерии качества воды для пресноводных рыб. М.: Легпищепромиздат, 1984. 344 с.
4. *Жукинский В.И.* Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе. М.: Агропромиздат, 1986. 248 с.
5. *Bein R., Ribi G.* Effects of larval density and salinity on the development of the perch larvae // Aquatic Scienses, 1994. V. 56, iss. 2. P. 97-105.
6. *Tamazouzt L., Chatain B., Fontaine P.* Tank wall colour and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis* L.) // Aquaculture, 2000. V. 182. P. 85-90.
7. *Лукиянов С.В.* Влияние колебаний абиотических факторов (pH, соленость, температура) на рыб в эмбрионально-личиночный период развития / Автореф. дисс. … канд. биол. наук, МорГУ. Саранск, 2010. 20 с.
8. *Таликина М.Г., Изюмов Ю.Г., Чеботарева Ю.В., Касьянов А.Н., Папченкова Г.А.* Анализ изменчивости морфологических показателей, раннего гаметогенеза и мутагенного эффекта у молоди плотвы *Rutilus rutilus* после воздействия токсикантов на свободные эмбрионы // Вопросы ихтиологии, 2000. Т. 40, № 6. С. 816-825.
9. *Чеботарева Ю.В., Изюмов Ю.Г., Таликина М.Г.* Некоторые морфологические особенности сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) после воздействия токсикантов на ранние стадии развития (позвонковые фенотипы, пластические признаки и флуктуирующая асимметрия) // Вопросы ихтиологии, 2009. Т. 49, № 2. С. 269-276.
10. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

УДК: 636.084/636.087;639.3.043

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КАРПА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНЕ СУХОЙ ЗЕРНОВОЙ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ

Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н., Дегтярик С.М.

Республиканское унитарное предприятие «Институт рыбного хозяйства», Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,

koshak.zn@gmail.com

PHYSIOLOGICAL CONDITION OF CARP WHEN USING DRY GRAIN POST-ALCOHOLED BARD IN THE DIET

Koshak Zn.V., Hadlevkaya N.N., Dzjahtsiaryk S.M.

Резюме. *В статье приведены результаты исследований физиологического состояния сеголетков карпа при кормлении его комбикормом с вводом сухой зерновой послеспиртовой барды. Проведены гематологические и биохимические исследования крови и мышц сеголетков карпа. Установлено, что кормление рационом с включением сухой барды не отражается отрицательно на физиологическом состоянии рыбы.*

Ключевые слова. *Комбикорм, сеголеток карпа, физиологическое состояние, гематологические показатели*

Summery. *The article presents the results of studies of the physiological state of carp underyearlings when feeding it with compound feed with the introduction of dry grain distillery stillage. Hematological and biochemical studies of blood and muscles of carp underyearlings were carried out. It was found that feeding with the inclusion of dry vinasse does not negatively affect the physiological state of the fish.*

Key words. *Compound feed, dry stillage, carp fingerlings, physiological state, hematological parameters*

Кровь осуществляет в организме различные функции, является транспортным средством, поддерживает гомеостаз и играет главную роль в защите от чужеродных веществ. В последние годы для оценки физиологического состояния рыб, получающих искусственные корма, используются показатели крови, поскольку они в значительной степени отражают характер обменных процессов, происходящих в организме [2].

Выделена группа показателей, наиболее чувствительных к неполноценности пищи - это содержание гемоглобина, эритроцитов, а также белка в сыворотке

крови. Высокое содержание белка в пределах установленных норм является благоприятным признаком высокой жизнестойкости.

Особое значение имеет реакция рыбы на качественный состав пищи, так как от качества пищи зависит не только темп роста, но и её физиологическое состояние.

Проведены исследования физиологического состояния карпа при использовании в рационе разных доз введения сухой зерновой послеспиртовой барды. Было изготовлено 5 равнозначных по составу вариантов экспериментального корма с добавлением сухой барды от 2 до 10 % вместо аналогичного количества подсолнечного шрота. За основу взят стандартный рецепт К-110. В качестве контроля служил аналогичный комбикорм без барды.

Экспериментальные работы проводили на сеголетках карпа в лабораторных условиях в течение 14 дней. Были задействованы аквариумы объемом по 60 л, в каждом из которых содержалось по 15 экз. сеголетков карпа. Гидрохимический режим в течение эксперимента был оптимальным (содержание растворенного в воде кислорода находилось в пределах 6,0 - 7,5 мг/л, температура воды в пределах 18,6 – 19,5°С). Рыбу кормили по поедаемости 3 раза в сутки: в 9^{00} ч, 13^{00}ч, 17^{00}ч с интервалом в 4 часа. Корм задавался из расчета 1,5 – 3,0 % от массы.

Физиологическое состояние рыб оценивали по гематологическим показателям. Их анализ показал, что показатели во всех вариантах опыта и контроле соответствуют физиологическим нормативам и укладываются в пределы нормы для сеголетков карпа в осенний период перед зимовкой. СОЭ во всех вариантах была низкой 0,5- 1,0 мм/ч. Достоверных отличий по этому показателю опытных и контрольной групп не выявлено.

Иная картина складывается по содержанию общего белка в сыворотке крови. Это весьма важный показатель физиологического статуса организма рыб, который, в отличие от иных гематологических показателей изменяется медленно. Как показали исследования, содержание белка в сыворотке крови было достоверно выше аналогичного показателя в контроле у всех опытных вариантов за исключением варианта с включением 2 % барды таблица 1.

Достоверное повышение содержания белка в сыворотке крови отмечено в опытной группе с включением 4 % барды на 16,8 % по сравнению с контролем, далее в группе с 6% барды – на 9,5 %, в группе с 8 % барды - на 12,0 % и в группе с 10 % барды - на 10,9 % соответственно. Кроме этого, в опытной группе с 4 % барды также наблюдалось достоверное увеличение количества гемоглобина на 18,6 % и содержания эритроцитов на 67,8 %. В опытной группе с вводом 6 %

барды достоверно выше количество эритроцитов по отношению к контролю на 48,3 % , а лейкоцитов меньше на 6 %.

Таблица 1 – Основные гематологические показатели крови сеголетков

Наимено-вание опыта	Общий белок сыворотки, %	Количество гемоглобина, г/%	СОЭ, мм/ч	Содержание эритроцитов, млн./мкл	Содержание лейкоцитов, тыс./мкл
Контроль	4,33±0,10	8,6±0,4	0,9±0,1	1,18±0,15	23,7±1,4
Опыт 2% барды	4,46±0,10	9,9±0,5	0,8±0,1	1,56±0,07	24,2±0,58
Опыт 4% барды	5,06±0,07*	10,2±0,3*	0,8±0,1	1,98±0,11*	22,1±0,60
Опыт 6% барды	4,74±0,18*	9,2±0,2	0,7±0,1	1,75±0,08*	22,3±1,51*
Опыт 8% барды	4,85±0,1*	9,3±1,0	0,6±0,1	1,51±0,36	26,4±1,59
Опыт 10% барды	4,80±0,06*	8,9±0,5	0,8±0,1	1,48±0,15	23,7±1,70

Примечание: * – P<0,05

Биохимические исследования мышц карпа показывают, какие обменные процессы происходят в теле рыб. Химический статус рыб выражается в процентном содержании в теле воды, сухого вещества, сырого протеина, липидов, минеральных элементов и энергии. Данные об изменениях массы рыбы и химического состава в начале и конце испытаний дают возможность оценить влияние качества корма на пластический и энергетический обмен.

Как показали исследования, при кормлении кормом с разными дозами сухой зерновой послеспиртовой барды, лучшие биохимические показатели получены в контрольном варианте. Содержание сухого вещества в мышцах сеголетков карпа в вариантах опыта с вводом сухой барды достоверно ниже на 10,5 % (вариант 4 % барды), на 7,7 % (вариант 6 % барды) и на 2,4 % (вариант с 8 % барды). В варианте с максимальным вводом барды 10 % содержание сухого вещества достоверно выше на 3,8 % таблица 2.

Кроме этого, содержание в мышцах сырого протеина и сырого жира в опытных группах с 4 % и 6 % барды достоверно ниже по отношению к контролю на 8,7 – 9,4 % (по протеину) и на 6,8 - 10,8 % (по жиру). В опытной группе с вводом 10 % барды достоверно выше содержание жира на 17,8 % по отношению к контролю. Содержание сырой золы во всех опытных группах было достоверно ниже, чем в контроле на 16,2-23,4 %.

Таблица 2 – Биохимические показатели мышц сеголетков карпа

Наименование опыта	Содержание влаги, %±Sx	Содержание сухого вещества, %±Sx	Содержание сырого протеина, %±Sx	Содержание сырого жира, %±Sx	Содержание сырой золы, % ±Sx
Контроль	74,05±0,08	25,95±0,08	18,38±0,08	6,03±0,02	1,54±0,01
Опыт 2 % барды	74,35±0,11	25,65±0,11	18,05±0,05*	6,32±0,14	1,28±0,01*
Опыт 4 % барды	76,79±0,05	23,21±0,05*	16,65±0,02*	5,38±0,08*	1,18±0,05*
Опыт 6 % барды	76,04±0,07	23,96±0,07*	16,77±0,07*	5,62±0,12*	1,57±0,02
Опыт 8 % барды	74,68±0,10	25,32±0,10*	18,18±0,12	5,86±0,04	1,28±0,02*
Опыт 10 % барды	73,02±0,04	26,98±0,04*	18,35±0,01	7,34±0,01*	1,29±0,01*

Примечание: * – P<0,05 ; ± Sx – ошибка средней

Проанализировав полученные результаты по гематологическим и биохимическим исследованиям, сделан вывод, что можно рекомендовать в корма для карпа вводить сухую послеспиртовую барду в количестве 4 %

Эффективность использования комбикорма с 4 % ввода сухой зерновой послеспиртовой барды в течение всего вегетационного сезона выращивания рыбы апробировано при выращивании сеголетков карпа в прудах селекционно-племенного участка «Изобелино», Молодечненского района, Минской области. Пруды были зарыблены личинкой карпа от заводского способа воспроизводства. Один пруд кормили комбикормом К-110 без сухой барды, и это служило контролем. Еще один пруд (опытный) кормили комбикормом с таким же рецептом только с вводом 4 % сухой зерновой послеспиртовой барды вместо аналогичного количества подсолнечного шрота. Плотность посадки в прудах была одинаковой и составляла 25,0 тыс. экз./га. Гидрохимический и гидробиологический режимы в период выращивания не выходили за рамки технологических норм.

Чтобы оценить физиологическое состояние выращенного сеголетка, в конце вегетационного сезона перед завершением периода кормления были отобраны пробы мышц у сеголетков карпа на биохимический анализ из опытной и контрольной группы.

Содержание влаги (75,22 и 75,36 %) и сухого вещества (24,78 и 24,64 %) в теле сеголеток, как в опытной, так и в контрольной группе было схожим. Показатели содержания белка, жира и золы в мышцах у сеголеток опытной и контрольной групп также были близкими и укладывались в пределы

нормативных значений осеннего периода для карпа этого возраста, что отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Биохимические показатели мышц сеголетков карпа (СПУ «Изобелино» 2020г.)

Наименование показателей	Опытная группа	Контрольная группа	Норматив
Коэффициент упитанности по Фультону	3,50±0,05	3,45±0,07	2,4-3,5
Содержание влаги, %±Sx	75,22±0,06	75,36±0,07	75,0-76,0
Содержание сухого вещества, %±Sx	24,78±0,06	24,64±0,07	24,0-25,0
Содержание сырого протеина в сыром веществе, %±Sx	17,18±0,02	16,97±0,05	14,9-17,0
Содержание сырого жира в сыром веществе, %±Sx	5,52±0,04	5,61±0,06	4,0-6,0
Содержание сырой золы в сыром веществе, %±Sx	2,08±0,03	2,06±0,04	2,0-3,1

Таким образом, использование комбикормов с вводом сухой послеспиртовой барды в количестве 4 % в течение всего вегетационного сезона не влияет на белковый, липидный и минеральный обмен и обеспечивает накопление необходимого количества белка, жира, золы и сухого вещества в теле выращенного сеголетка для прохождения успешной зимовки.

Физиологическое состояние рыбы оценивали по гематологическим показателям.

Как показали результаты исследований, данные представлены в таблице 4, выращенные сеголетки опытной и контрольной групп характеризуются стабильными показателями по красной крови. Концентрация гемоглобина в опыте - 81,2 г/л и 80,0 г/л в контроле, количество эритроцитов – 1,56 и 1,53 млн./мкл соответственно.

Таблица 4 – Основные гематологические показатели крови сеголетков карпа (СПУ «Изобелино» 2020г.)

Наименование показателей		Опытная группа	Контрольная группа	Нормативы
СОЭ, мм/ч		2,5 ±0,2	2,36±0,29	до 4,0
Общий белок,г %		4,1±0,27	3,65±0,34	3,0-4,5
Гемоглобин, г/л		81,2±1,34	80,05±1,73	85-87
Эритроциты, млн./мкл		1,56±0,03	1,53±0,07	1,4-1,7
Лейкоциты, тыс./мкл		25,2±0,89	26,0±0,66	9,0-27,0
Лейкоцитарная формула , %				
Лимфоцитов		80,3±1,19	80,9±1,12	74-82,4
Моноцитов		12,5 ±0,92	11,9±0,77	8,7- 16,7
Нейтрофилы	палочкоядерные	2,0±0, 42	1,1±0,31	0,4-1,4
	сегментоядерные	1,1±0,31	1,1±0,41	0,42-1,3
Эозинофилы и псевдоэозинофилы		2,8±0,25	3,1±0,35	0,0-4,0
Базофилы и псевдобазофилы		1,160,40	1,1±0,35	0,75- 1,2

Многочисленными исследованиями [1,3] установлено, что для благополучной зимовки содержание общего белка в сыворотке крови у сеголеток карпа осенью должно быть не менее 3,5 %. Как показывают наши исследования, концентрация общего белка в сыворотке крови у опытных сеголеток оказалась на 10,9 % выше, чем в контрольной группе. Это свидетельствует о его хорошем физиологическом состоянии.

Количество лейкоцитов в опыте и контроле были близкими по значению 25,2 и 26,0 тыс./мкл соответственно и соответствовали нормативным показателям. Больших различий в лейкоцитарной формуле крови опытных и контрольных рыб также не наблюдалось.

Таким образом, кормление рационом, содержащим 4 % сухой зерновой послеспиртовой барды, не отражается отрицательно на физиологии сеголетков карпа.

Список использованных источников

1. Остроумова И.Н. Динамика состава крови зимующих сеголетков карпа, выращенных на разных рационах / И.Н.Остроумова/ Л.:Изв. ГосНИОРХ, 1972, т.81 – С.98-106.

2. Физиология рыб: учебник/ Жичкина, Л.В. и [др.].-Кн.1, Санкт-Петербург:КВАДРО,2017.-195с.

3. Черникова В.В. Гематологическая характеристика зимующего сеголетка карпа / В.В.Черникова/ - Л.: Изв. ГосНИОРХ, 1974.-т.88.-С.109-133.

УДК: 636.084/636.087;639.3.043

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ДОЗ СУХОЙ ЗЕРНОВОЙ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ НА РОСТ КАРПА

Кошак Ж.В., Гадлевская Н.Н.

Республиканское унитарное предприятие «Институт рыбного хозяйства», Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,

koshak.zn@gmail.com

INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES OF DRY GRAIN AFTER-ALCOHOLIC BARD ON CARP GROWTH

Koshak Zn.V., Hadlevkaya N.N.

Резюме. *В статье приведены результаты испытаний разных доз сухой барды в составе комбикормов на рост карпа. Установлено, что оптимальной дозой ввода в состав комбикорма для карпа является доза в количестве 4 % взамен подсолнечного шрота. Ввод барды положительно сказывается на балансе незаменимых аминокислот по отношению к контрольному корму.*

Ключевые слова*. Сеголеток карпа, темп роста, комбикорм, сухая барда, незаменимые аминокислоты*

Summery. *The article presents the results of tests of different doses of dry vinasse in the composition of feed for the growth of carp. It has been established that the optimal dose of addition to the compound feed for carp is a dose in the amount of 4% instead of sunflower meal. The addition of vinasse has a positive effect on the balance of essential amino acids in relation to the control feed.*

Key words. *Carp fingerlings, growth rate, compound feed, dry stillage, essential amino acids*

Основным объектом рыбоводства в республике Беларусь является карп, выращивание которого сопряжено с использованием искусственных кормов. Однако рентабельность карповодства низкая, прежде всего из-за высокой стоимости используемых комбикормов, на долю которых в структуре себестоимости товарной рыбы приходится более 50%. Корма для рыбы относятся к высокобелковым кормам, поэтому разработка способов уменьшения затрат на корма и кормление весьма актуальна.

Большинство белкового сырья, используемого в кормах для карпа завозятся в республику. В первую очередь это шрота (подсолнечный, соевый). Цена такого сырья высокая и растет из года в год. В составе традиционных

рецептов комбикормов для карпа до 85% приходится на зерно и шрота. Следовательно, можно ожидать роста цен на комбикорма с использованием традиционных компонентов.

В связи с постоянным ростом цен на комбикормовое сырье и дефицитом белкового сырья внимание ученых привлекают нетрадиционные корма, как источники энергии, питательных веществ и биологически активных веществ. Перспективным компонентом в кормах для карпа может быть сухая зерновая послеспиртавая барда.

Для большинства сельскохозяйственных животных нормы ввода сухой послесиртовой барды в состав корма находятся в диапазоне от 2 до 15 % [1,2,3]. Для определения оптимальной дозы ввода сухой зерновой послеспиртовой барды в корма для карпа было изготовлено 5 равнозначных по составу вариантов экспериментального корма с добавлением сухой барды от 2 до 10 % вместо аналогичного количества подсолнечного шрота. За основу взят стандартный рецепт К-110. В качестве контроля служил аналогичный комбикорм без барды.

Экспериментальные работы по установлению норм ввода сухой барды в состав корма и ее влиянию на темп роста проводили на сеголетках карпа в лабораторных условиях. Были задействованы аквариумы объемом по 60 л, в каждом из которых содержалось по 15 экз. сеголетков карпа.

В течение экспериментальных работ контролировали температуру воды и содержание в ней растворенного кислорода. Температура воды в аквариумах была с колебаниями 18,6 – 19,5°С. Содержание растворенного в воде кислорода находилось на уровне 6,0 - 7,5 мг/л. Длительность экспериментов была в течение 14 дней. Рыбу кормили по поедаемости 3 раза в сутки: в 9^{00} ч, 13^{00}ч, 17^{00}ч с интервалом в 4 часа. Корм задавался из расчета 1,5 – 3,0 % от массы. Расход кормов устанавливали путем учета заданного корма и остатков корма. Темп роста живой массы определяли путем индивидуального взвешивания рыбы в начале и конце опыта.

Состав и питательная ценность корма представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Состав и питательная ценность корма для сеголетков карпа

Наименование компонентов, %	К-110 контроль	Варианты (% ввода сухой барды)				
		1(2%)	**2(4%)**	**3(6%)**	**4(8%)**	**5(10%)**
1	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Ячмень	22	22	22	22	22	22
Пшеница	24	24	24	24	24	24
Шрот подсолнечный	30	28	26	24	22	20
Мясокостная мука	7	7	7	7	7	7
Рыбная мука	1	1	1	1	1	1

Продолжение таблицы 1						
1	2	3	4	5	6	7
Дрожжи кормовые	8	8	8	8	8	8
Премикс	1	1	1	1	1	1
Шрот соевый	7	7	7	7	7	7
Сухая зерновая барда	-	2	4	6	8	10
Всего	100	100	100	100	100	100
Сырой протеин	26,4	26,2	26,1	26,0	26,0	25,9
Сырая клетчатка	6,1	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8
Сырой жир	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,9

Как показали результаты биохимического анализа содержание сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки в вариантах отличалось незначительно (0,3-0,7 %) от контрольного корма.

Как показали результаты исследований, максимальный достоверный темп роста у карпа отмечен при норме ввода сухой барды в количестве 4 %. Абсолютный прирост массы сеголетков в этом варианте составил 3,80 г таблица 2. Достоверной разницы в абсолютном среднештучном приросте массы между опытом и контролем в других вариантах не установлено.

Таблица 2 – Влияние сухой барды в составе кормов на рост карпа

Вариант, (% ввода барды)	Наименование опыта	Среднештучная масса, г		Прирост карпа		
		начало опыта	конец опыта	абсолютный, г	относительный, %	% к контролю
1 (2 %)	опыт	35,13±2,57	37,80±2,50	2,67±0,42	8,51±1,63	102,7
	контроль	30,53±2,11	33,13±1,96	2,60±0,27	9,71±1,46	100
2 (4 %)	опыт	26,73±1,89	30,53±1,92	3,80±0,26*	15,27±1,43	146,1
	контроль	30,53±2,11	33,13±1,96	2,60±0,27	9,71±1,46	100
3 (6 %)	опыт	45,93±2,33	48,73±2,34	2,80±0,26	6,53±0,71	107,7
	контроль	30,53±2,11	33,13±1,96	2,60±0,27	9,71±1,46	100
4 (8 %)	опыт	27,33±1,23	30,00±1,22	2,67±0,21	10,16±1,20	102,7
	контроль	30,53±2,11	33,13±1,96	2,60±0,27	9,71±1,46	100
5 (10 %)	опыт	24,87±2,74	27,53±2,58	2,67±0,29	13,64±2,73	102,7
	контроль	30,53±2,11	33,13±1,96	2,60±0,27	9,71±1,46	100

Примечание: * $P<0,05$

Анализ данных свидетельствует о том, что увеличение количества в корме сухой зерновой послеспитровой барды более 4 % не способствует повышению темпов роста рыбы.

Оценка продуктивного действия корма строится на сопоставлении нескольких показателей, таких как скорость роста, затраты корма и эффективность использования питательных веществ и энергии корма на прирост массы.

Проанализировав среднесуточный рост карпа и затраты корма установили, что максимальная удельная скорость роста и минимальные кормовые затраты отмечены в опыте с вводом 4 % сухой барды по отношению к контролю (табл. 3)

Таблица 3 - Удельная скорость роста и кормовые затраты при использовании сухой барды

Наименование опыта	Общая масса , г		Общий прирост массы, г	Удельная скорость роста, %/сутки	Затраты корма, г	Кормовой коэффициент, ед.
	начало кормления	конец кормления				
Контроль	458	497	39	0,008	93,6	2,4
Опыт, 2 % барды	527	567	40	0,008	92,0	2,3
Опыт, 4 % барды	401	458	57	0,013	119,7	2,1
Опыт, 6 % барды	689	731	42	0,006	92,4	2,2
Опыт, 8 % барды	410	450	40	0,009	92,0	2,3
Опыт, 10 % барды	373	413	40	0,016	92,0	2,3

Белки растительных кормов обычно неполноценны по аминокислотному составу, в них мало некоторых незаменимых аминокислот. В условиях дефицита животных кормов необходимо обращать внимание на сбалансирование животных и растительных компонентов, повышающих коэффициент полезного действия корма и увеличивающих переваримость и усвояемость растительной пищи. Как показал анализ аминокислотного состава комбикорма с включением 4 % сухой зерновой послеспиртовой барды, ввод в состав корма сухой барды, привел по сравнению к контролю увеличение таких незаменимых аминокислот как: глицина на 24,5 %, аланина на 10,8 %, аргинина на 48,0 %, валина на 40,2 %, лейцина на 45,9 %, изолейцина на 29,8 %, что отражено в таблице 4.

Содержание метионина было ниже 10,0 мг/100 г как в контрольном корме, так и опытном корме.

Для определения степени аминокислотной полноценности белка корма рассчитали “аминокислотный скор” как в контрольном, так и в опытном комбикорме. Расчеты показали, что оба комбикорма несбалансированны по метионину, треонину, фенилаланину, а в контрольном еще и по валину.

Таблица 4 – Содержание аминокислот в комбикормах для сеголетков карпа

Наименование показателя, единица измерений	Контрольный комбикорм К-110 без барды	Опытный комбикорм К-110 с вводом 4 % сухой зерновой послеспиртовой барды
Аминокислотный состав, мг/100г		
Аспарагиновая	1883,1±442,3	1788,4±420,1
Глютаминовая	4241,3±972,1	5823,7±1334,8
Серин	1463,7±339,0	1491,6±721,4
Треонин	1319,6±297,6	1095,3±244,4
Глицин	1512,1±337,3	1882,6±424,5
Аланин	1309,5±296,3	1450,8±328,0
Аргинин	1341,9±305,4	1985,9±452,0
Пролин	1663,5±368,0	3098,7±685,4
Валин	1238,6±274,2	1736,8±384,5
Метионин	<10	<10
Лейцин	1966,9±400,5	2869,5±584,2
Изолейцин	1039,6±231,7	1349,2±300,7
Фенилаланин	1379,4±303,2	1378,6±303,0
Цистеин	213,4±47,2	<10
Лизин	4465,9±987,9	1336,5±295,6
Гистидин	2170,2±479,4	180,9±40,0
Тирозин	867,4±191,7	771,4±170,5
Суммарное количество	28086,1±6273,8	28239,9±6689,1

Таким образом, исследования показали, что оптимальной дозой ввода сухой зерновой послеспиртовой барды в комбикорма для карпа является доза в количестве 4 % взамен аналогичного количества подсолнечного шрота. Комбикорм с вводом барды оказался более сбалансированным по сравнению с контролем.

Список использованных источников

1. Егоров, И.А. Концентрат на основе послеспиртовой барды для бройлеров/ И.А.Егоров, Т.В.Егорова, Б.Л. Розанов и др.// Комбикорма.-2012.-№8.-С.91-93.

2. 2.Некрасов, Р.В. Сухая пшеничная барда в комбикормах для свиней / Р.В.Некрасов, Н.И.Анисова и др.//Свиноводство.- 2014.- №4.- С.65-67.

3. 3.Радчиков, В.Ф. Трансформация энергии рационов бычками в продукцию при скармливании обогащенной барды/ В.Ф.Радчиков, В.К.Гурин и др.// Известия Горского государственного аграрного университета.-Владикавказ.-2015.-Т.52, ч.4.-С.89-93.

УДК 639.3.043.13:[597.442-113.32:551.463.3]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА КУРИЛЬСКИХ ОЗЕР ДЛЯ ПОДРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Литвиненко А.В.[1], Гринберг Е.В.[1, 2], Копылова Р.Ю.[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сахалинский государственный университет», litvinenko.av@bk.ru

[2]Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

USE OF THE PRODUCTION POTENTIAL OF THE KURIL LAKES FOR GROWING YOUNG PACIFIC SALMON

Litvinenko A.V., Grinberg E.V., Kopylova R.Yu.

Резюме. *Подращивание молоди - важнейший этап биотехнического цикла искусственного разведения тихоокеанских лососей. В последние годы на рыбоводных предприятиях, расположенных на Итурупе, крупнейшем острове Курильской гряды, подращивание молоди проводят, в том числе, с использованием природного продукционного потенциала естественных водоемов – озер Большое Куйбышевское и Благодатное. В процессе подращивания в садках, установленных в этих озерах, молодь лососей использует для питания не только искусственные корма, но и естественную кормовую базу, одновременно адаптируясь к гидрологическому и гидрохимическому режиму водоемов.*

Ключевые слова: *подращивание молоди, кормовая база, естественные водоемы, приросты, тихоокеанские лососи*

Summary. *The rearing of juveniles, the most important stage of the biotechnical cycle of artificial breeding of Pacific salmon, in recent years at fish farms located on Iturup, the largest island of the Kuril ridge, is carried out using the natural production potential of natural reservoirs - lakes Bolshoye Kuibyshevskoye and Blagodatnoye. In the process of rearing in cages installed in lakes, juvenile salmon use not only artificial feed, but also a natural food base, while simultaneously adapting to the hydrological and hydrochemical regime of water bodies.*

Key words: *rearing juveniles, food supply, natural reservoirs, increments, Pacific salmon*

В настоящее время на о. Итуруп – крупнейшем острове архипелага большой Курильской гряды в Тихом океане успешно функционируют 16 лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) различных форм собственности, с которых выпускают молодь в заливы Охотского моря: Простор, Куйбышевский и Курильский [9].

Наиболее актуальной задачей искусственного разведения тихоокеанских лососей считают получение достаточного количества и выпуск в естественные водотоки и водоёмы, в оптимальные сроки, физиологически полноценной, жизнестойкой и здоровой молоди [1; 2; 12; 13].

На рыбоводных предприятиях, расположенных на Курильских островах, в зоне экологического оптимума для горбуши и кеты, стараются поддерживать близкие к естественным условиям значения биотических и абиотических факторов среды, а новейшее технологическое оборудование позволяет современным рыбоводным заводам максимально приблизить биотехнику искусственного разведения ценных промысловых видов рыб к их естественному воспроизводству [1; 7].

Один из наиболее ответственных периодов в искусственном разведении рыб – это подращивание личинок и выращивание мальков. Количество и, преимущественно, качество выпускаемой молоди служат индикатором состояния запасов разводимого вида рыб. Только соблюдение биотехники и грамотное выполнение соответствующих процессов искусственного разведения тихоокеанских лососей, обеспечение оптимальных параметров среды и условий содержания, позволяет благополучно и продуктивно провести этап подращивания.

Особенности подращивания молоди рыб и темпы роста, на данном этапе, в условиях искусственного разведения, занимают одно из ключевых мест, и поэтому требуют детального изучения.

Наряду с традиционной формой подращивания молоди горбуши и кеты с применением искусственных полноценных, сбалансированных кормов, в течение многих десятков лет используемой рыбоводами, на ЛРЗ, с которых выпускают молодь тихоокеанских лососей в Куйбышевский залив Охотского моря, в последние годы успешно используют природный потенциал естественных водоемов.

В Куйбышевском заливе о. Итуруп с 1999 г. ведет рыбопромышленную деятельность ООО «Континент». В первые годы деятельности освоение рыбопромысловых участков Компания осуществляла посредством добычи и переработки водных биоресурсов в тесном сотрудничестве с отечественными

рыбопромысловыми судами; в короткие сроки были созданы собственные прибрежные мощности для переработки рыбы.

С 2007 г. Компания занимается искусственным разведением тихоокеанских лососей, ежегодно выпуская около 70 млн. шт. молоди в водоемы и водотоки Куйбышевского залива Охотского моря.

На трех рыбоводных предприятиях, принадлежащих Компании: Куйбышевском ЛРЗ, Саратовском ЛРЗ и ЛРЗ «Озеро» разводят горбушу и различные экотипы осенней кеты: традиционный речной и озерный (рис. 1) [8].

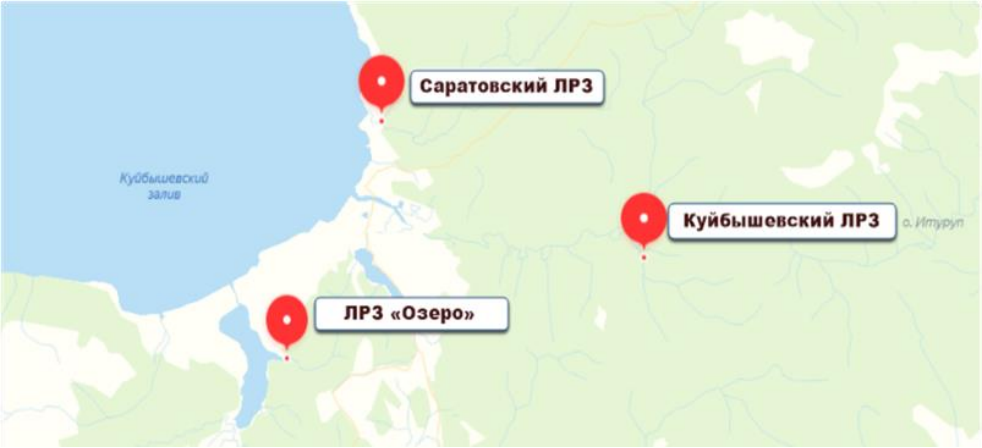


Рисунок 1 - Карта-схема расположения лососевых рыбоводных предприятий, выпускающих молодь в Куйбышевский залив (о. Итуруп) [14]

Базовым водотоком Куйбышевского ЛРЗ служит приток крупнейшей реки о. Итуруп – р. Куйбышевки; базовым водотоком ЛРЗ «Саратовский» – р. Саратовка, впадающая непосредственно в Куйбышевский залив.

Базовый водоём ЛРЗ «Озеро» – озеро Большое Куйбышевское (рис. 2).

Озеро соединено с Куйбышевским заливом Охотского моря протокой длиной 500 м.

Озеро Большое Куйбышевское обладает мощным выходом грунтовых вод, что обеспечивает водоснабжение ЛРЗ «Озеро» на всех этапах биотехнического цикла.

Интенсивный выход грунтовых вод в ложе озёр обусловил появление уникальной формы кеты, отнесённой к озёрному экотипу [5; 10].

Представители этой экологической формы заходят на нерест в озёра, их отличают меньшая степень зрелости половых желез и слабое развитие брачных изменений по сравнению с рыбами, мигрирующими в реки. Однако масса озёрной кеты преобладает над массой речных рыб такого же размера, за счет большей высоты тела первых [3; 4; 5].

Рисунок 2 – Озеро Большое Куйбышевское (о. Итуруп) [15]

Некоторые авторы выделяют кету, мигрирующую для нереста в озёрные системы, как сравнительно обособленную в репродуктивном смысле группировку. Её относят к экотипу, приспособленному к воспроизводству в особых условиях озёр. Период "дозревания" у озёрной кеты приходится, в отличие от речных форм, на пресноводный этап. Она более высокотелая, масса её в среднем больше, чем у речных рыб при одинаковой длине тела. Существенные различия в экологии и воспроизводстве наблюдаются и у молоди. Мальки озёрной кеты скатываются в море примерно на месяц позже, чем из рек. Все это время они интенсивно питаются, достигая до 8-9 см длины. Основной корм – бокоплавы и личинки насекомых. Свойство молоди задерживаться для нагула в пресных водах позволяет использовать озера, как своеобразный нагульный пруд с организацией подкормки [5; 6].

Озёрная форма кеты является перспективной в отношении пастбищного лососеводства на Южных Курильских островах: во-первых, свойство её молоди задерживаться для нагула в пресных водах даёт прекрасную возможность использовать озера с их природной кормовой базой в качестве своеобразных нагульных прудов, естественно, с дополнительной организацией подкормки и профилактики заражения молоди нематодами; во-вторых, слабые брачные изменения при заходе в пресные воды делают этих рыб при ведении традиционного прибрежного промысла лососей более привлекательными в товарном отношении [6].

Второй естественный водоем, который находится в распоряжении хозяйственной деятельности ООО «Континент» - оз. Благодатное. Это озеро лагунного типа. Оно расположено в центральной части острова Итуруп, на юге Куйбышевского перешейка, на расстоянии 1,2 км от побережья Тихого океана; соединяется протокой с заливом Касатка тихоокеанского побережья о. Итуруп. Площадь водного зеркала озера составляет 400 га, наибольшая глубина – 19 м. В озере имеется 30800 м^2 нерестилищ озерной кеты [11].

Для достижения максимально близких к нативным параметрам среды и повышения эффективности использования энергетической составляющей потребляемого корма на рост, в условиях искусственного разведения, личинок кеты на Куйбышевском ЛРЗ, Саратовском ЛРЗ и ЛРЗ «Озеро» поднимают на плав и начинают кормить с момента повышения температуры воды до отметки не менее 3°С.

Своевременное поступление пищи играет основополагающую роль для нормального развития желудочно-кишечного тракта и пищеварительных желез будущей молоди и позволяет избежать повышенной смертности личинок на ранних этапах онтогенеза, в частности, при переходе на активное питание [1]. Поэтому, когда более 50% особей выходит из субстрата в толщу воды, их начинают подкармливать. В начале периода подращивания часть личинок переводят в бетонные бассейны и пруды, тем самым разряжая плотность посадки рыбоводной продукции в питомных каналах.

В 2020 г. в качестве выростных водоемов для проведения подращивания молоди кеты использовали оз. Большое Танковое и оз. Благодатное. Для этого в прибрежной части озер, в начале мая, устанавливали стационарные плавучие садки из мелкоячейной безузелковой дели 3,0-3,5 мм (рис. 3).

Рисунок 3 - Садок для подращивания молоди, установленный в оз. Благодатное

После установления температуры поверхностного слоя воды в районе садков не менее 7,5-8,0°С, молодь кеты перевозили в водоемы в специально оборудованных живорыбных емкостях. Возраст молоди кеты, размещаемой на подращивание в садки в оз. Благодатное - 910,5 гр/дн (204 к.д.), средняя масса – 350 мг; в оз. Большое Куйбышевское - 1 026,0 гр/дн (228 к.д.), средняя масса –

500 мг. Плотность посадки молоди в садках (объем каждого – 400 м^3) составляла не более 4 тыс. шт. на 1 м^3.

В течение всего периода подращивания ежедневно измеряли параметры среды и вручную кормили молодь в садках сухими сбалансированными гранулированными кормами «Aller Aqua».

Температура воды в прибрежной части оз. Благодатное на глубине установки садков во время подращивания молоди варьировала от 8,2°С до 12,9°С, содержание растворённого в воде кислорода – не менее 10 мг/л.

В оз. Большое Куйбышевское температура воды колебалась от 7,5°С до 10,7°С, содержание растворенного кислорода в воде – от 7 до 10 мг/л.

За время подращивания молоди в естественных водоемах были отмечены некоторые трудности, связанные с несовершенством садков, выражающиеся в нестабильности не закрепленных жестко капроновых конструкций во время волнений.

Ростовые процессы в садках, установленных в естественных водоемах, отличались следующей спецификой: при усилении волнения и ветрового перемешивания в эпилимнионе, молодь переставала питаться и залегала на дне садков до улучшения погодных условий. При ухудшении погодных условий, значительную сложность представлял процесс отбора молоди для проведения биологических анализов. Кроме того, рассчитывать количество корма для подращивания было необходимо с учетом его вымывания из садков естественным движением воды.

В целом, опыт подращивания в садках, установленных в естественных водоемах, можно оценить как положительный, поскольку молодь помимо искусственного корма активно использовала естественную кормовую базу водоемов и прирастала в массе и линейных размерах быстрее, чем в питомных каналах и бассейнах цехов. Одновременно молодь проходила адаптацию к естественным условиям: гидрологическому и гидрохимическому режиму водоемов (рис. 4).

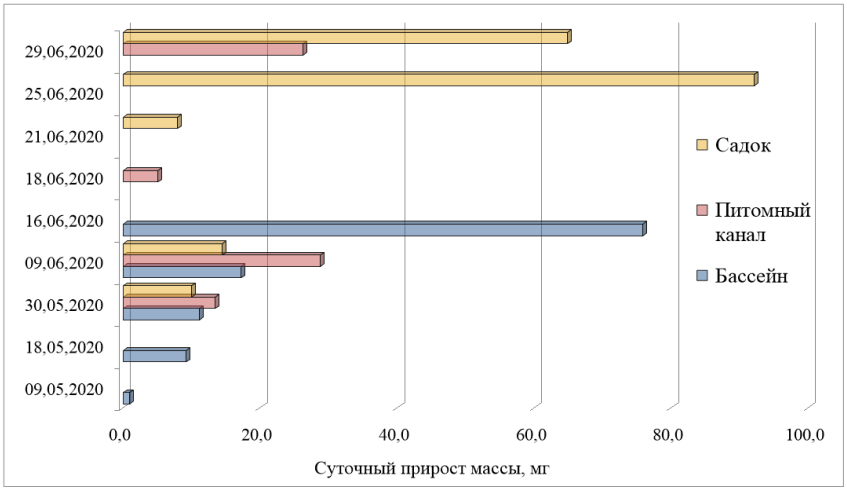


Рисунок 4 - Суточный прирост массы тела молоди кеты в бассейнах Саратовского ЛРЗ и в садках, установленных в оз. Благодатное

В зоопланктоне озер Благодатное и Большое Куйбышевское доминируют веслоногие и ветвистоусые ракообразные. Эти озера мезотрофные с признаками олиготрофии. Для них характерны небольшие средние величины численности и биомассы зоопланктона (табл. 1).

Таблица 1 - Численность и биомасса зоопланктона водоемов бассейна р. Куйбышевка, июнь 2020 г. (собственные данные)

Озеро	Численность зоопланктона (экз./м^3)	Биомасса зоопланктона (г/м^3)
Благодатное	36,105	1,905
Большое Куйбышевское	24,709	1,233

Результаты изучения встречаемости планктонных беспозвоночных показали, что наиболее распространенными видами в озерных водоемах Куйбышевского бассейна являются *Asplanchna sp*. – отмечена в 98% исследованных проб, *Eurytemora sp*. – в 87% и *Bosmina sp*. – в 65%.

Кроме наиболее распространенных видов часто встречались *Keratella cochlearis* Gosse (>78%), *Cyclopoida indet*. (83%), *Sinocalanus tenellus* (69%), *Alona sp*. (60%), *Ergasilus sp*. (10%).

Наличие в зоопланктоне большого количества науплиев и копеподитных (I и II) стадий веслоногих рачков (≥50%) свидетельствует о хорошем потенциале озер, как приемных водоемов с доступной для молоди тихоокеанских лососей кормовой базой.

Таким образом, подращивание молоди лососей в нестационарных садках, установленных в прибрежной зоне естественных водоемов является важным и перспективным направлением развития лососеводства на ЛРЗ Куйбышевского залива.

Список использованных источников

1. Бойко А.В. Экологические особенности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в условиях современных рыбоводных заводов Сахалинской области: дисс. канд. биол. наук по спец. 03.02.06 (Ихтиология).– Петрозаводск, 2014.– 166 с.
2. Зиничев В.В., Леман В.Н., Животовский Л.А., Ставенко Г.А. Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей//Тихоокеанские лососи: Состояние. Проблемы. Решения. — М.: Изд-во ВНИРО, 2012. – 240 с.
3. Иванков В.Н. Популяционная организация у тихоокеанских лососей с коротким пресноводным периодом жизни // Вопр. ихтиологии. Т.33. № 1. - 1993.–78-83 с.
4. Иванкова Е.В., Борисовец Е.Э., Карпенко А.И., Хоревин Л.Д. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* острова Сахалин // Вопр. ихтиологии. Т. 40. № 4. 2000 – 467-476 с.
5. Каев А.М. Об озёрной кете Курильских островов / Газета «На рубеже» // г. Южно-Сахалинск. 1988. С.3.
6. Каев А.М., Ардавичус А.И., Ромасенко В.Н. Внутрипопуляционная изменчивость кеты острова Итуруп в связи с топографией её нерестилищ / А.М. Каев // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях /. Том 1. Издательство СахНИРО, 1996. С. 15-17.
7. Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Гринберг Е.В. Традиции и новое в искусственном воспроизводстве тихоокеанских лососей Курильского района (Часть 1) // Рыбное хозяйство. – 2019. - № 2. – Стр. 71-77.
8. Официальный сайт ООО Континент: https://kontinent.fish/about/ Дата обращения 15.05.2021 г.
9. Официальный сайт Сахалино-Курильского территориального управления Федерального агентства по рыболовству: https://sktufar.ru/ Дата обращения 21.05.2021 г.
10. Рухлов Ф.Н. Масштабы и эффективность разведения тихоокеанских лососей в Сахалинской области. В кн. Лососевидные рыбы. Л: Наука. 1980 - 184-188 с.

11. Рыбоводно-биологическое обоснование на строительство лососевого рыбоводного завода на ручье Корсунь бассейна озера Благодатное острова Итуруп (Курильский район Сахалинской области) / Сахалинский филиал ФГБУ «Главрыбвод». - Южно-Сахалинск. – 2020. – 36 с.

12. Серпунин Г.Г. Искусственное воспроизводство рыб. – М.: Колос, 2010. – 255 с.

13. Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. – М.: МГУ, 1975. – 335 с.

14. Яндекс-карты: https://yandex.ru/maps/org/kuybyshevskiy_lososevy_rybovodny_zavod/208779733384/?ll=147.777608%2C45.085309&source=wizbiz_new_map_single&z=18 / Дата обращения: 05.04.2021 г.

15. http://travel.gidrostroj.ru/ozero-tankovoe.htm/ Дата обращения: 15.09.2020 г.

УДК 504.4.054

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ХОДЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Макаханюк Ж.С.[1] , Зубкова В.М.[1], Розумная Л.А.[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный социальный университет», Nanochka16@mail.ru , vmzubkova@yandex.ru

[2] ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства», им. Воровского, rozumnaya65@mail.ru

CONTENT OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE HODZA RIVER DEPENDING ON THEIR GRANULOMETRIC COMPOSITION

Makakhaniuk Z.S., Zubkova V. M., Rozumnaya L.A.

Резюме: *В статье приведены результаты исследования гранулометрического состава донных отложений (ДО) малой реки Ходца и содержания в них тяжелых металлов (ТМ) в период летней межени 2019 г. в трех створах. Для установления связи между гранулометрическим составом ДО и содержанием ТМ; а также между общим железом и другими ТМ в ДО рассчитан коэффициент линейной корреляции Пирсона В верхнем течении выявлена более высокие концентрации ТМ по сравнению со средним и нижним.*

Ключевые слова: *река Ходца, тяжелые металлы, донные отложения, гранулометрический состав, коэффициент линейной корреляции Пирсона.*

Summary. *The article presents the results of a study of the granulometric composition of bottom sediments (BS) of the small Hodza River and the content of heavy metals (HM) in them during the summer low-water period in 2019 in three sections. To establish a relationship between the particle size distribution of BS and the HM content; as well as between total iron and other HMs in BS, the Pearson linear correlation coefficient was calculated. Higher HM concentrations were found in the upper reaches compared to the middle and lower ones.*

Key words*: Hodza river, heavy metals, bottom sediments, particle size distribution, Pearson linear correlation coefficient.*

Введение

В зоне деятельности промышленных предприятий происходит резкий рост загрязнения компонентов природной среды тяжелыми металлами и металлоидами. Негативное воздействие источников загрязнения в отношении

донных отложений также как и почвы, являющихся основными геохимическими барьерами в экосистемах, проявляется особенно остро.

Донные отложения представляют собой сложную многокомпонентную систему и характеризуются многообразием форм. Они играют чрезвычайно важную роль в формировании гидрохимического режима водных масс и функционировании экосистемы водоемов и водотоков в целом, могут выступать в качестве индикатора для выявления состава, интенсивности и масштаба техногенного загрязнения, т.к. их состав отражает биогеохимические особенности водосборных территорий.

Важным физическим параметром, от которого зависят многие аспекты существования и функционирования водных экосистем является гранулометрический состав донных отложений [3]. Гранулометрический состав (относительное содержание частиц различных размеров) в значительной степени определяет абсорбционные характеристики донных отложений.

Важной частью исследовательских работ является анализ пространственных изменений гранулометрического состава донных отложений, который помогает выявить источники поступления загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, накапливающихся в донных отложениях, и оценить пути и условия дальнейшего распространения загрязняющих веществ. Последнее связано с особенностью донных отложений при определенных условиях становиться источником вторичного загрязнения.

Нарушение гидрологического режима постоянных водотоков при устройстве дамб, коллекторов и прудов, спрямлении излучин приводит к обмелению и заиливанию русел, переносу осадков [5]. Особенно остро эта проблема стоит для малых равнинных рек в густонаселённых и промышленно развитых районах.

При изменении физико-химических условий в водоеме, а также при снижении интенсивности антропогенной нагрузки, загрязняющие вещества могут снова поступать из донных отложений в водную толщу и значительно влиять на водные ресурсы. При этом следует отметить недостаточную разработанность вопросов, связанных с ролью донных отложений в процессах самоочищения или загрязнения водных объектов [1, 3].

Цель исследования *- изучение гранулометрического состава донных отложений малой реки Ходца в простанстве и определение уровня содержания в них тяжелых металлов.*

Материалы и методы исследования

Точечные пробы ДО, предназначенные для определения гранулометрического состава и содержания в них ТМ, отбирали в трех створах.

Створы располагались перпендикулярно руслу реки (географические координаты расположения створов: створ 1 – 55.810586 с. ш., 38.480605 в. д.; 2 – 55.808665 с. ш., 38.507754 в. д.; створ 3 –55.773356 с. ш., 38.637410 в. д.).

Для определения гранулометрического состава проб песчаной фракции использовали ситовой метод с промывкой водой; для частиц глинистой фракции - ареометрический метод.

Содержание ТМ в анализируемых образцах донных отложений определяли методом атомно-адсорбционной спектроскопии с использованием прибора «Спектр 5 - 4».

Результаты исследования и их обсуждение

Итоги исследований гранулометрического состава донных отложений реки Ходца приведены в таблицах 1.

Таблица 1 – Гранулометрический состав донных отложений реки Ходца

Номер пробы	Глубина отбора, м	Состав, % и размер частиц, мм						
		пески			алевриты		пелиты	
		1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	Менее 0,002
Верхнее течение								
1	0,25	18,3	52,8	18,9	0,5	2,5	3,2	3,8
2	0,4	25,5	40,9	22,4	1,8	3,4	3,0	3,0
3	0,7	41,2	40,8	15,0	1,2	1,6	0,2	0,0
4	0,5	30,6	32,4	25,6	2,0	2,3	4,0	3,1
5	0,4	18,8	56,2	19,0	0,8	2,1	1,8	0,9
Среднее течение								
1	0,4	4,8	17,0	18,4	11,0	2,5	32,8	13,5
2	0,8	7,7	22,4	21,7	8,8	2,4	27,6	9,4
3	0,8	10,2	36,2	27,4	4,8	1,2	12,7	7,5
4	0,7	7,4	28,8	25,5	3,2	2,2	22,8	10,1
5	0,4	4,4	16,2	20,7	9,4	4,4	28,7	16,2
Нижнее течение								
3.1	0,3	21,5	48,7	15,8	3,8	3,6	5,1	1,5
3.2	0,4	24,8	45,6	14,6	2,3	2,0	8,7	2,0
3.3	0,8	34,2	40,7	15,7	2,0	1,8	4,1	1,5
3.4	0,7	18,7	48,7	19,1	4,7	6,8	1,2	0,8
3.5	0,3	16,8	38,5	25,7	6,7	5,4	3,8	3,1

Согласно полученным результатам для донных осадков реки в целом характерно преобладание песчаных частиц, составляющих, в среднем, 77,1% объёма проб.

Среднее содержание частиц по классам крупности во всех 15 пробах представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Среднее содержание частиц по классам крупности в донных отложениях реки Ходца

пески			алевриты		пелиты	
1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	Менее 0,002
19,0%	37,7%	20,4%	4,2%	2,9%	10,6%	5,1%

Процентное соотношение песчаных, алевритовых и глинистых частиц в донных пробах по каждому створу представлено на рисунке 1. По оси абсцисс отмечен номер створа, по оси ординат – содержание класса частиц в процентах.

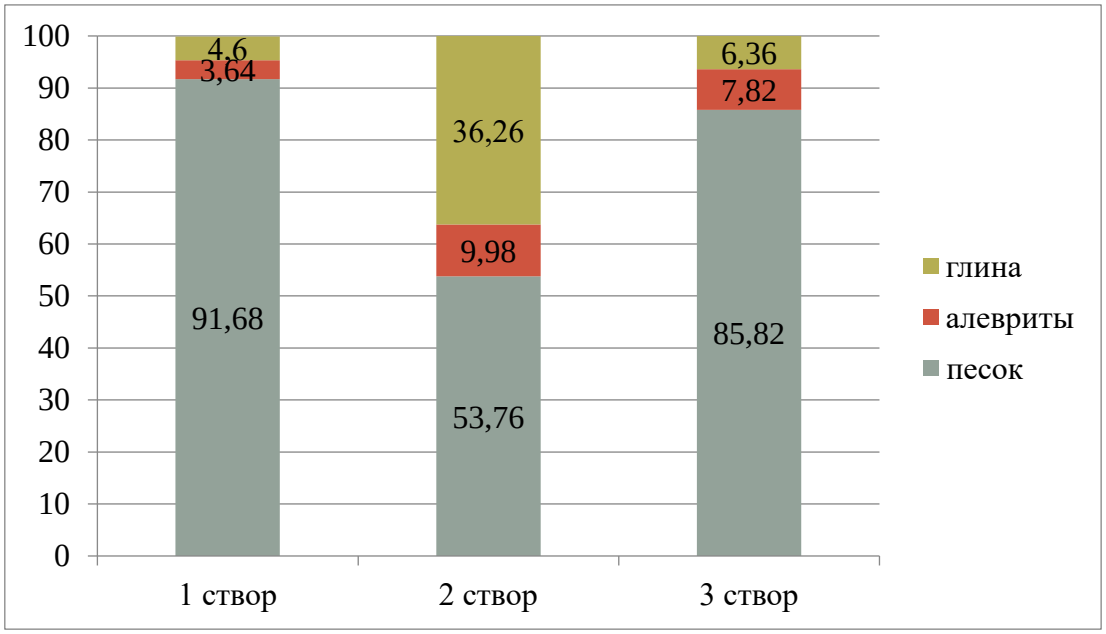


Рисунок 1 – Соотношение песчаных, алевритовых и глинистых частиц в пробах донных отложений реки Ходца

Как правило, в образцах доминируют частицы среднезернистой фракции (0,5-0,25мм), содержание которых в пробах колеблется от 17,0 до 56,2%. На втором месте по содержанию в пробах стоят пелитовые частицы (среднее содержание 15,7%) с преобладанием фракции 0,01-0,002мм (10,6%). Доля

алевритов в пробах относительно невелика и составляет в - среднем 7,1%. В поперечном профиле русла во всех створах можно проследить наличие более крупнозернистых осадков в центральной стрежневой части реки, что связано с большей скоростью течения в данной зоне. Ассиметричное распределение классов крупности частиц в пробах створов 2 и 3 обусловлено различными режимами осадконакопления на противоположных берегах реки (намывной и подмывной берег) при изгибах русла.

Отложения реки Ходца отличаются в этом плане сравнительно малой долей крупных алевритов (в среднем - 4,2%) и значительной примесью глинистых частиц. Малое содержание алевритовых частиц может быть обусловлено спецификой размываемых отложений, которые представляют собой моренные валунные суглинки и супеси днепровского оледенения (Q_2gl) [2]. Повышенное содержание глинистого материала в донных отложениях реки Ходца и их внешний вид свидетельствует о процессе накопления техногенных илов.

Этот вид осадка, благодаря хорошим абсорбирующим свойствам является благоприятной средой для накопления основных поллютантов, в частности, тяжелых металлов [6].

При отборе донных проб техногенные илы обнаружены в створе 2. В материале этих проб наблюдается повышенное содержание глинистых частиц (от 20,2 до 46,3%). Отложения техногенных илов чёрного цвета с рыхлым, хлопьеобразным верхним слоем и неприятным сероводородным запахом выстилают русло реки сплошным слоем толщиной от 5 до 15см. Толщина слоя возрастает от центральной к краевым частям профиля русла, что отражено в изменении содержания глинистых частиц по пробам данного створа. На береговой отмели отмечен прерывистый тёмный наилок толщиной 0,5-1см по органолептическим свойствам соответствующий техногенным илам русловой части. Следует отметить присутствие слоя илов в центральной части русла реки, что свидетельствует о нехарактерном режиме переноса осадков.

По створу 3 отмечается увеличение процента песчаных частиц в донных пробах по сравнению со створом 2. Это связано с дополнительным поступлением материала данной фракции из песчаного карьера, расположенного на правом берегу реки насыпи, где разработка песка велась непосредственно в водоохранной зоне. В створе 3 также отмечено присутствие техногенных илов в виде отдельных линзообразных скоплений толшиной 5-10 см на пониженных участках речного дна. Количество глинистых частиц в створе 3, тем не менее, больше, чем в створе 1. Это может быть связано как с близостью устья реки, так и с примесью наблюдаемых техногенных отложений.

Основным источником техногенных илов в русле реки Ходца являются промышленные и бытовые стоки г. Электросталь. Объем сточных вод от промышленных предприятий г. Электросталь, поступающий в близлежащие реки Ходца и Вохонка составляет более 4146, 94 тыс.м^3 [4]. Очистные сооружения обеспечивают очистку только 11% сбросов. Промышленные предприятия являются одними из основных источником поступления ТМ в речные бассейны.

Как известно, частицы глины обладают высокой ионно-сорбционной ёмкостью (то есть способностью поглощать определённое количество ионов в расчёте на 100г почвы), в том числе ионов тяжёлых металлов. При определённых условиях среды данный параметр может изменяться и глина, поглощающая токсиканты, способна стать источником вторичного загрязнения природного водоёма.

Результаты исследований показывают, что в донных отложениях всех исследуемых участков реки обнаружены Cd, Pb, Fe.

Взаимосвязь гранулометрического состава донных отложений и содержания в них токсикантов отличается для элементов с высокими коэффициентами биологического накопления в гидробионтах, что обусловливает их поступление в донные отложения с детритом рассеянных металлов, поступающих в водные экосистемы с аллохтонным поверхностным стоком в составе высокодисперсных частиц взвесей. В эту же группу можно отнести и такие типоморфные элементы, формирующие обстановки миграции химических элементов, как железо и марганец [7].

Расчёт коэффициента линейной корреляции Пирсона между содержанием физического песка, физической глины и содержанием ТМ указывает на среднюю отрицательную связь содержания кадмия и железа и слабую положительную - свинца с содержанием песчаной фракции и на противоположную положительную связь с содержанием глинистой фракции (табл. 3).

Донные отложения являются депонирующей средой, поэтому их химический состав отражает долгопериодные закономерности загрязнения. В связи с этим исследование особенностей распределения ТМ в ДО является актуальной задачей в условиях антропогенной нагрузки.

Таблица 3 – Сила линейной взаимосвязи между гранулометрическим составом почвы и содержанием ТМ

Физический песок			
Элемент	Cd	Pb	Fe
Коэффициент линейной корреляции	R = -0,26	R = 0,18	R = -0,26
Связь	средняя отрицательная	слабая положительная	средняя отрицательная
Физическая глина			
Коэффициент линейной корреляции	R = 0,26	R = -0,18	R = 0,26
Связь	средняя положительная	слабая отрицательная	средняя положительная

Как показали результаты исследований ДО реки Ходца, в значительно большей степени загрязнены тяжелыми металлами в истоке и промежуточной точке (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание загрязнителей в донных отложениях реки Ходца в летнюю межень, 2019 г. (мг/кг)

Загрязнители	Исток	Промежуточная точка	Устье
Cd	2,29±0,16	0,45±0,03	0,03±0,002
Pb	6,28±0,44	5,11±0,36	0,78±0,05
Fe	5159±361,1	1374±96,18	577,0±40,39

В результате корреляционного анализа определена высокая положительная связь между содержанием Fe и Cd (0,67) и Fe и Pb (0,52) в донных отложениях.

Заключение

В результате проведенных исследований гранулометрического состава донных отложений выявлено более высокое содержание глинистых частиц в среднем и нижнем течениях реки по створам 2 и 3. В этих створах обнаружены отложения техногенных илов; отмечены неравномерности в распределении загрязнителей.

Наибольшей концентрацией ТМ характеризовалось верховье реки Ходца.

Химический состав техногенных илов реки требует дальнейшего изучения.

Список использованных источников

1. Алексеенко, В.А. Экологическая геохимия [Текст]: учебник / В.А. Алексеенко. - М.: Логос, 2000. - 627 с.
2. Карта четвертичных отложений: №-37-II (Москва). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Карта четвертичных отложений, масштаб: 1:200000, серия: Московская, составлена: Геоцентр-Москва, 1997 г., редактор(ы): Дашевский В.В.
3. Крамер, Д.А. Оценка антропогенного воздействия на загрязнение донных отложений малых рек на примере г. Москвы: дис. … канд. хим. наук: 03.02.08 / Крамер Дмитрий Александрович; Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. – Москва, 2015. – 199 с.
4. Макаханюк, Ж.С. Оценка качества воды малой реки Ходца в периоды весеннего половодья и летне-осенней межени [Текст] / Ж.С. Макаханюк, Зубкова В.М., Розумная Л.А. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естественные и технические науки. – 2019. – №6. – С. 9-14.
5. Новосельцев, В.Н. Техногенное загрязнение речных экосистем [Текст]: монография / под ред. Райнина В.Н. и Виноградовой Г.Н. – М.: Москва: Научный мир, 2002. – 140 с.: ил. - Библиогр.: с. 133-139. - ISBN 5-89176-189-0.
6. Янин, Е.П. Особенности гранулометрического состава отложений малой реки в зоне влияния промышленного города // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2009. № 3. С. 69–74.
7. Grotti, M. Bioavailability of trace elements in surface sediments from Kongsfjorden, Svalbard [Text] / M. Grotti, F. Soggia, C. Ianni, E. Magi, R. Udisti // Marine pollution bulletin. – 2013. – Issues 1-2, 15. Volume 77. – P. 367–374.

УДК 639.2.03

ВОСПРОИЗВОДСТВО СИБИРСКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER BAERII*) НА ТОСП «БЕЛОЯРСКИЙ РЫБОВОДНЫЙ ЗАВОД» ЕНИСЕЙСКОГО ФИЛИАЛА ФГБУ «ГЛАВРЫБВОД»

Меньшикова Л.А.[1], Клыков Р.В.[1], Данилова Е.А.[2]

[1] *Территориально - обособленное структурное подразделение филиала «Белоярский рыбоводный завод» ФГБУ «Главрыбвод» (ТОСП БРЗ),* klikov_roman@mail.ru;

[2] *Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)* ФГБОУ ВО «АГТУ», kafvba@mail.ru

REPRODUCTION OF THE SIBERIAN STURGEON *(ACIPENSER BAERII)* AT THE BELOYARSK FISH CULTURAL PLANT OF THE YENISEI BRANCH OF FSBI «GLAVRYBWOD»

Menshikova L.A., Klikov R.V., Danilova E.A.

Summary. *In the paper, results of works on artificial reproduction of the Siberian sturgeon (Acipenser baerii) of the Yenisei population at the Beloyarsk fish cultural plant in the Krasnoyarsk Territory have been given. The peculiarity of technological works with sturgeons is the use of wild spawners for receiving of sex products. Recently, a broodstock, matured at the age of 14 years, has been cultivated in the plant. In the averadge, more than 100 tsd fry of 1 g weight were produced from a domesticated in the plant female, and the result is higher, than thax one of wild fish (44 tsd fry).*

Key words: *Siberian sturgeon, artificial reproduction of sturgeon, spawners.*

Глобальное загрязнение пресной и морской воды из-за нерациональной и научно не обоснованной антропогенной деятельности стало негативно отражаться на качестве, химическом составе и безопасности использования водных организмов промышленного значения. Загрязнения промышленными стоками, интенсивное гидростроительство (Саяно- Шушенская, Майнская, Красноярская, Богучанская, Иркутская, Братская и Усть-Илимская ГЭС) существенно изменили гидрологический режим Енисея и Ангары, а интенсивный нелегальный лов еще больше усугубил положение природных популяций осетровых рыб. Сибирский осетр енисейской популяции внесен в Красные книги Красноярского края и Республики Хакасия [3].

Воспроизводство осетровых рыб – одно из наиважнейших направлений рыбной отрасли, которое должно основываться на самых передовых технологиях

и научных разработках, для обеспечения восстановления популяции осетровых рыб до уровней, при которых могут быть обеспечены их максимальная устойчивая добыча и биологическое разнообразие.

По оценкам специалистов, при увеличении в Сибири объемов искусственного воспроизводства до 10 млн. сеголетков, можно восстановить промысловый вылов осетровых, который ранее составлял в среднем 600 т. [4]

На территории Республики Хакасия воспроизводство сибирского осетра енисейской популяции проводит территориально - обособленное структурное подразделение «Белоярский рыбоводный завод» (ТОСП БРЗ) Енисейского филиала ФГБУ «Главрыбвод». Ежегодный выпуск осетра в реку Енисей составляет более 1 млн. штук подрощенной молоди.

Цель данной работы – представить результаты работ по искусственному воспроизводству сибирского осетра *(Acipenser baerii)* от диких и заводских производителей в условиях «Белоярского рыбоводного завода» (ТОСП БРЗ).

Технология искусственного воспроизводства сибирского осетра

Изначально технология воспроизводства сибирского осетра на Белоярском рыбоводном заводе основана на получении половых продуктов от диких производителей, вылавливаемых в реке Енисей в соответствии с полученными квотами для этих целей.

Инкубация, подращивание личинок и выращивание молоди было ранее подробно описано в статьях [1, 2].

Данная технология позволяет успешно выращивать ежегодно более 1 млн. шт. мальков сибирского осетра для выпуска в реку Енисей, но требует определенных трудовых и экономических затрат в связи с выловом диких производителей, доставкой оплодотворенной икры авиа- и автотранспортом и дальнейшей перевозкой уже подрощенной молоди к месту выпуска.

Для воспроизводства этого ценного вида рыб на заводе выращено собственное маточное стадо. Осетры впервые созрели в возрасте 14 лет, и в 2017 году от них впервые были получены половые продукты и выращена молодь.

Технология содержания маточного стада производителей

Маточное стадо содержится в круглых бассейнах диаметром 6 метров с постоянным водообменом. Температура содержания производителей колеблется в зависимости от температуры воды водоисточника - зимой она составляет 3,6 C^0, а летом поднимается до 14 - 17 C^0. Норма водообмена составляет 55 – 70 л/минуту. Показатель растворенного кислорода в воде не опускается ниже 12,3 мг/литр.

После весенней бонитировки, проводимой в апреле, маточное стадо подготавливают к нересту. Производителей рассаживают в бассейны ИЦА-2 и

следят за их поведением. При поднятии температуры до - 8,7 до 10,9^{0}С самкам делают предварительную и затем разрешающую инъекции сурфагона. Самцов инъецируют 1 раз одновременно с разрешающей инъекцией самок.

Нерест самок в условиях завода проводят через 4- 6 лет. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты воспроизводства енисейского осетра на Белоярском рыбоводном заводе от диких и заводских производителей

Дикие					Заводские			
Год	Кол-во самок	Кол-во икры	Кол-во молоди	Мальков на 1 самку, шт.	Кол-во самок	Кол-во икры	Кол-во молоди	Мальков на 1 самку, шт.
2017	32	3230000	1453000	45406	4	667712	434012	108503
2018	34	3230000	1453500	42750	3	997200	452900	150966
2019	33	3230000	1453500	44045	12	4937753	1100000	91667
В среднем				44067				117045

Таким образом, формирование маточного стада на рыбоводном заводе обеспечивает ежегодное получение оплодотворенной икры с выходом более 100 тыс. шт. мальков массой 1 грамм в среднем на 1 самку, что превышает аналогичные показатели диких производителей (44 тыс. штук) и частично снижает затраты на воспроизводство.

Показатели выхода мальков от икры диких производителей более стабильны и ежегодно составляют 45%. У заводских самок - от 22 до 65%, что характерно для впервые нерестующих рыб. Необходима отработка элементов технологии при работе с доместицированными производителями.

Список использованных источников

1. Клыков Р.В., Бычкова Д.А., Данилова Е.А. Особенности выращивания молоди сибирского осетра (Acipenser baerii) в условиях Енисейского филиала ФГБУ «Главрыбвод» - Белоярского рыбоводного завода.
2. Клыков Р.В. Анализ эффективности применения СУБ – ПРО при выращивании молоди осетровых видов рыб на Белоярском рыбозаводе / Р.В. Клыков // Всероссийский конкурс исследовательских работ учащихся “Юность, наука, культура” – Обнинск, 2015.
3. Красная книга Красноярского края/ 3-е издание, переработанное. – Красноярск, 2012. – с. 13.
4. Серпунин Г.Г. Искусственное воспроизводство рыб / Г.Г. Серпунин. Издательство: КолосС, 2010. – 256 с.

УДК 631.9:631.963.2/639.29

ЭВРИАЛА УСТРАШАЮЩАЯ (EURYALE FEROX) – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ПРЕСНОВОДНОЙ ФИТОАКВАКУЛЬТУРЫ

Никифоров А.И., Белая В.А.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный институт международных отношений (МГИМО) МИД России, hosanianig@gmail.com

EURYALE FEROX, A PROMISING FRESHWATER PHYTOAQUACULTURE TARGET

Nikiforov A.I., Belaya V.A.

Резюме: *В статье рассмотрены важнейшие биологические особенности уникального реликтового пресноводного макрофита эвриалы устрашающей; обсуждаются география современного распространения и охранный статус этого растения; приведены сведения о формах хозяйственного использования эвриалы устрашающей в разных странах мира; обсуждается целесообразность расширения культивирования данного вида растений ex-situ, а также возможности сохранения существующих популяций in-situ.*

Ключевые слова: *эвриала устрашающая, пресноводная аквакультура, съедобные водные растения, Красная Книга, незаменимые аминокислоты, интегрированные агросистемы*

Summary: *The article considers the most important biological features of the unique relict freshwater macrophyte Euryale terrifying; discusses the geography of the current distribution and protective status of this plant; provides information on forms of economic use of Euryale ferox in different countries of the world; discusses the advisability of expanding the cultivation of this plant species ex-situ, as well as the possibility of conserving existing populations in-situ.*

Key words: *Euryale ferox, freshwater aquaculture, edible aquatic plants, Red List, essential amino acids, integrated freshwater agro-systems*

На сегодняшний день продовольственный кризис носит массовый и разрушительный характер [17]. Наиболее подвержены этой проблеме перенаселённые страны Южной Азии, где многие люди вынуждены буквально каждый день решать проблемы поиска пропитания. Часто существенным подспорьем в решении этих проблем становятся дикорастущие съедобные растения.

Ярким примером подобного растения является реликтовый пресноводный макрофит Эвриала устрашающая (Euryale ferox Salisb.). Данное растение принадлежит к семейству Кувшинковых (Nymphaeaceae), также известно под названиями «орех горгоны» и «махала». В пищу издавна употребляются её семена. [2]

Это однолетнее пресноводное растение с крупными (диаметром от 0,6 до 1,3 м) плавающими листьями, обитающее в неглубоких стоячих или слабопроточных водоёмах. (Рис. 1)

Все листья округлые, щитовидные, с плоскими краями и несколько вогнутой серединой, кожистые, сверху морщинистые, покрыты крупными и острыми шипами. На верхушках длинных шиповатых цветоножек расположены весьма декоративные бокаловидные одиночные цветки диаметром до 6 см, которые периодически поднимаются над поверхностью воды и затем снова погружаются. [1]

Рисунок 1 - Эвриала устрашающая (*Euryale Ferox Salisb*)

Источник: https://all-begonias-tamaravn.blogspot.com/2015/01/euryale-ferox.html

Цветет эвриала в августе-сентябре. Чашелистики в числе 4 штук также густо покрыты острыми, колючими шипами, остающимися на плодах. Лепестки многочисленные, незначительно длиннее чашечки, синие или ярко сине-фиолетовые, реже красные или пурпурные., Тычинки многочисленные, с звездчатым, многолучевым рыльцем, в дальнейшем формируется нижняя, многогнездная завязь, погруженная в расширенное цветоложе. Эвриала обладает

крупным ягодообразным шаровидным многосемянным плодом, покрытым многочисленными крупными и острыми шипами. Зрелый плод достигает в диаметре 8 – 10 см, и весит до 200 г, содержит до 100 и более съедобных семян. [1]

Растение наиболее комфортно чувствует в условиях континентального климата, с жарким и сухим летом и холодной зимой. Для нормального роста эвриалы желательна температура воздуха от 20°С до 35° С, при относительной влажности, колеблющейся в пределах 50% ~ 90%, и годовым количеством осадков от 100 до 250 см.

Растение широко распространено в водоёмах тропических и субтропических регионов южной и юго-восточной Азии. Известны места естественного произрастания в Японии, Корее, России, Северной Америке, Непале, Бангладеш и некоторых частях северной Индии, включая Бихар, Западную Бенгалию, Ассам и Манипур [2, 8].

При этом в некоторых странах (в частности, в Индии) растение иногда специально культивируется, при этом замечено, что если один и тот же пруд непрерывно используется для выращивания эвриалы год за годом, в нём создается своеобразная гидроэкосистема, в которой разложившееся и минерализованное органическое вещество от предыдущих генераций поддерживает последующую культуру [2, 8].

В России естественные местообитания эвриалы устрашающей имеются лишь на Дальнем Востоке – на территории Приморского и Хабаровского краев, в отдельных участках в долине реки Уссури и пойме реки Амур. [9]

Как редкое реликтовое растение эвриала устрашающая занесена в Красную Книгу Российской Федерации, где ей присвоен статус 1 – находящийся под угрозой исчезновения вид. [10]

Ранее эвриала была внесена в Красные книги СССР (1978,1984) и РСФСР (1988). Вид также включен в Красную книгу Хабаровского края (2000), Красную книгу Приморского края (2002); охраняется на территории Ханкайского заповедника и ряда региональных памятников природы.[9]

Несмотря на то, что в России эвриала устрашающая является исчезающим видом, в мире она не имеет такого статуса, и в Красную книгу Международного союза охраны природы она занесена как вид, вызывающий наименьшие опасения. Тем не менее, практически повсеместно регистрируется уменьшение размера природных популяций [15].

В странах Южной Азии семена эвриалы активно употребляются в пищу, так как они являются ценным источником углеводов, белка, минералов и многих других питательных веществ. Так, в семенах эвриалы содержится 10-12

процентов белка, при этом более 90 % аминокислот представлены именно незаменимыми аминокислотами, что позволяет сравнивать белок эвриалы с такими пищевыми объектами, как рыба или моллюски. В частности, в семенах представлены следующие незаменимые аминокислоты: гистидин, лейцин, изолейцин, глутаминовая кислота, лизин, тирозин, валин, аспарагиновая кислота, треонин, аланин, метионин и аргинин Сырой порошок из семян является важным компонентом детского питания в Китае, а также широко используется в системе народной медицины. В таком порошке содержится около 78 процентов углеводов, в основном в форме крахмала. При этом энергетическая ценность сырого семени эвриалы весьма велика и составляет 362 ккал / 100 г [3, 13].

Отмечено, что эвриала обладает низким уровнем содержания жиров (не более 0,1%), что делает её весьма перспективным объектом в качестве компонента корректирующих рационов, применяющихся в различных странах в борьбе с ожирением. [5]

Как уже было указано выше, данное растение широко применяется с пищу в различных районах Индии. Обычно в пищу используют молодые части растения, черешки листьев, корневища, семена (незрелые и зрелые), перисперм и эндосперм. Эвриалу употребляют в пищу в качестве закусок в подслащенном, либо жаренном виде. Также семена измельчают в муку, из которой в последствии готовят различные блюда - от десертов и выпечки до основных блюд и каш. Во время ритуальных постов семена эвриалы жарят на топленом масле, добавляя каменную соль. В целом, эвриала широко используется во многих традиционных индийских блюдах (таких как «эронба», «аметпа», «сингджу», «кангсой», «чамтонг», «кэнгоу», «сааг» и др.) [6, 16].

Также хорошо известны лекарственные свойства семян эвриалы, и они широко используются в аюрведе и китайских препаратах для лечения различных заболеваний, в том числе таких, как почечная недостаточность, диарея и гипофункция селезенки. Ряд исследований показал, что семена этого растения могут быть использованы для разработки лекарства для борьбы с диабетом [7, 12, 13].

В традиционной аюрведической системе индийской медицины это растение считается полезным при расстройствах «Вата» и «Питта». Оно действует как отхаркивающее, рвотное и как сердечный стимулятор. Более того, оно также используется в борьбе с аллергией. Также общеизвестным фактом является то, что и цветы, и семена эвриалы устрашающей обладают свойствами афродизиака [3, 5].

Эвриала часто используется в различных ритуалах. Так, к примеру, в некоторых районах Индии во время фестиваля Kojagara, который тесно связан с

бракосочетанием, семья невесты дарит всей семье жениха семена этого растения. [6] Различные блюда из эвриалы пользуются популярностью во время крупного религиозного праздника Navaratri [14].

Надо отметить, что семенные оболочки эвриалы годятся в качестве добавки к корму для сельскохозяйственных птиц и скота, благодаря своей питательности (в состав сходят 89.2% сухого вещества, 7.1% белков и 0.62% жиров). Установлено, что включение этого компонента в рацион оказывает положительное влияние на рост животных, на усвояемость питательных веществ и на величину надоя молока [20].

В последние годы эвриала устрашающая включается как компонент в состав интегрированных пресноводных агроэкосистем, где её культивируют в водоёмах на глубине от 40 до 80 см, часто в сочетании с другими растениями, рыбой и другими пресноводными гидробионтами. [3]

Основными препятствиями к расширению масштабов культивирования эвриалы являются такие факторы, как большая трудоемкость работы с эвриалой ввиду высокой травмоопасности (все части растения, и особенно зрелые плоды, покрыты колючками), практическая невозможность внедрения механизации, недостаток доступных ресурсов посадочного материала, отсутствие научных знаний о технологии выращивании, а также отсутствие улучшенных высокоурожайных сортов. Нельзя не отметить, что в отношении селекционной работы с эвриалой также отмечаются определённые сложности, так как данное растение относится к монотипному роду, вследствие чего ее генетическая изменчивость, по всей видимости, ограничена [4, 18, 19].

Нельзя не отметить, что эвриала является важным источником дохода для некоторых малообеспеченных слоев населения Индии (в частности, общины маллах), однако уровень получаемой ими прибыли от выращивания данного вида остаётся чрезвычайно низким вследствие того, что члены подобных общин не имеют в собственности прудов и иных водоёмов, а также не обладают достаточным уровнем агротехнических знаний [11, 18].

Так, согласно опубликованным данным, выращиванием эвриалы в Индии чаще всего занимаются люди, не обладающие даже школьным образованием, поэтому они используют исключительно экстенсивные традиционные методы, тогда как более современные подходы им попросту неизвестны [20, 21].

Из всего вышесказанного можно заключить, что эвриала устрашающая является уникальным растением с широчайшим спектром способов применения и огромным хозяйственным потенциалом, несомненно заслуживающее включения в список приоритетных для культивирования в условиях

интегрированных сельскохозяйственных агросистем видов пресноводных макрофитов.

Список использованных источников

1. Эвриала устрашающая - Euryale ferox Salisb. Megabook. Универсальная энциклопедия Кирилла и Мефодия. - [Интернет-ресурс] – Режим доступа: https://megabook.ru/article/%D0%AD%D0%B2%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%B0%20%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%88%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F%20%E2%80%93%20Euryale%20ferox%20Salisb.
2. Xian Liu, Zhen He, Yulai Yin, Xu Xu, Weiwen Wu & Liangjun Li. Transcriptome sequencing and analysis during seed growth and development in Euryale ferox Salisb. BMC Genomics. Volume 19, Article number: 343 (2018)
3. Rima Kumari, Dan Singh Jakhar and Pankaj Kumar. Nutritional and medicinal importance of Makhana (Euryale Ferox Salisb.) Marumegh: Volume 4(2): 2019
4. Arvind Kumar Verma, B. K. Banerji, Debasis Chakrabarty and S. K. Datta. Studies on Makhana (Euryale ferox Salisbury). Current Science, Vol. 99, No. 6, 25 September 2010
5. Jha, V., Shalini, R., Kumari, A., Jha, P. and Sah, N.K. 2018. Aquacultural, nutritional and therapeutic biology of delicious seeds of Euryale ferox Salisb.: A Minireview. Current Pharmaceutical Biotechnology., 19: 545-555.
6. Baleshwar Thakur, R.B.Mandalandr., B.P.Singh, B.Thakur, M. Prasad, N. Sharma, Rana Pratap. Urban and Regional Development in India - 2 Vols.; Essays in Honour of Prof. L.N. Ram (1st Edition). ISBN-13: 978-81-8069-199-7 / 9788180691997 (pp. 526-531)
7. Kumar, N., Shikha, D., Kumari, S., Choudhary, B.K., Kumar, L. and Singh, I.S. 2017. SSR-based DNA fingerprinting and diversity assessment among Indian germplasm of Euryale ferox: an aquatic underutilized and neglected food crop. Appl Biochem Biotechnol., https://doi.org/10.1007/s12010-017-2643-9.
8. Kumar R., Ahmad J., Abdin M.Z., Jha V., Kumar A. and Singh I.S. (2017). Optimization of seed germination in Makhana (Euryale ferox Salisb.) under controlled conditions. HortFlora Res. Spectrum, 6 (1) : 55-58.
9. Эвриала устрашающая. Красная Книга. – [Интернет-ресурс] – Режим доступа: https://cicon.ru/euryaleferox.html
10. Эвриала устрашающая Euryale ferox Красная книга России. – [Интернет-ресурс] - Режим доступа: http://redbookrf.ru/evriala-ustrashayushchaya-euryale-ferox

11. Abhijit Khadatkar and V.K. Gupta. 2017. Traditional way of makhana (Euryle ferox salisb) cultivation and harvesting. Innovative Farming, 2(2): 131-134.

12. Danish AHMED, Mohd. Ibrahim KHAN, Manju SHARMA, Mohd. Faiyaz KHAN. Novel pentacyclic triterpene isolated from seeds of Euryale Ferox Salisb. ameliorates diabetes in streptozotocin induced diabetic rats. Interdiscip Toxicol. 2018; Vol. 11(4): 275–288. doi: 10.2478/intox-2018-0027

13. Shuliang He, Dacheng Wang, Yamei Zhang, Shengxiang Yang, Xiang Li, Dongsheng Wei, Mingzhe Zhang & Jianchun Qin (2019): Chemical Components and Biological Activities of the Essential Oil from Traditional Medicinal Food, Euryale ferox Salisb., Seeds, Journal of Essential Oil Bearing Plants, DOI: 10.1080/0972060X.2019.1595165

14. Health Benefits Of Makhanas: The Desi Snack That's Making A Comeback. [Интернет-ресурс] – Режим доступа: https://food.ndtv.com/food-drinks/9-health-benefits-of-makhanas-the-desi-snack-thats-making-a-comeback-1439156

15. Zhuang, X. 2011. Euryale ferox. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T168756A6535154. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T168756A6535154.en. Downloaded on 01 February 2020.

16. Helen Soibam and Victor Singh Ayam. Cultivation and economics of euryale ferox salisb. For subsistence and commercialization. Int. J. Agricult. Stat. Sci. Vol. 14, Supplement 1, pp. 163-167, 2018

17. Holt-Giménez, E. (2008). Hunger Notes. The world food crisis: what is behind it and what we can do. World Hunger Education Service. P.O. Box 29015. Washington, D.C. 20017.

18. Kumar, L., Gupta, V.K., Jha, B.K., Singh, I.S., Bhatt, B.P., Singh, A.K., 2011a. Status of Makhana (Euryale ferox Salisb.) Cultivation in India. ICAR-RCER, Patna Technical Bulletin No. R-32/PAT-21.

19. Khadatkar, A., Gite, L.P., Gupta, V.K., 2015. Interventions to reduce drudgery of workers in the traditional method of harvesting makhana (euryale ferox salisb.) Seeds from ponds. Curr. Sci. 109 (7), 1332–1337.

20. Nitesh Kumar Sah. A study on production cost, processing cost and marketing channel efficiency of Makhana in Madhubani district of Bihar. Krishikosh Institutional Repository. - [Интернет-ресурс] – Режим доступа: http://krishikosh.egranth.ac.in/displaybitstream?handle=1/67794

21. Dhiraj K. Singh, I.S. Singh, Ujjwal Kumar, Abhay Kumar and B.P. Bhatt. Traditional Wisdom of Mallah Community regarding Makhana Productionand Processing in North Bihar. Indian Journal of Extension EducationVol. 54, No. 2, 2018 (76-82)

УДК 639.3.05

ВЫРАЩИВАНИЕ ТИЛЯПИИ НА КОРМАХ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ВВОДА БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА «АГРО-МАТИК»

Петров А.С.[1], Есавкин Ю.И.[2], Буряков Н.П.[2], Ковалев Е.А.[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов», a.s.petrushka@gmail.com

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», uiesavkin@yandex.ru, kormlenieskota@gmail.com, egor.kovalev.2000@mail.ru

CULTIVATION OF TILAPIA ON FEED WITH DIFFERENT LEVELS OF INPUT OF PROTEIN CONCENTRATE «AGRO-MATIC»

Petrov A.S., Esavkin Y.I., Buryakov N.P., Kovalev E.A.

Резюме: *в последнее время возрастает интерес к поиску альтернативных источников белка. В работе приведены результаты применения белкового концентрата «Агро-Матик» в составе полнорационных комбикормов для тиляпии. Работа проводилась на базе аквариальной кафедры аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

Ключевые слова: *альтернативные источники протеина, белковый концентрат, выращивание, тиляпия.*

Summary: *Recently, there has been an increasing interest in the search for alternative sources of protein. The paper presents the results of the use of protein concentrate "Agro-Matic" in the composition of complete feed for tilapia. The work was carried out on the basis of the Aquarium Department of Aquaculture and Beekeeping of the Timiryazev Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy*

Key words: *alternative sources of protein, protein concentrate, cultivation, tilapia.*

Выращивание объектов аквакультуры в условиях индустриального рыбоводства позволяет получать огромный объем рыбы в полностью контролируемых человеком условиях. Индустриальное рыбоводство позволяет выращивать рыбу в замкнутом и оборотном водоснабжении с полностью регулируемыми температурным и газовыми режимами. Плотность содержания товарной рыбы достигает 50-300 кг/м^3.

Успешная эксплуатация замкнутых систем при выращивании различных видов рыб возможна только при использовании высококачественных кормов, которые в своем составе содержат все необходимые питательные вещества в определенных соотношениях, которые полностью обеспечивают потребности рыб.

В настоящее время все больше внимания уделяется альтернативным источникам белка [3]. В последнее время цены на традиционное кормовое сырье ежегодно возрастают. Также возрастает зависимость от поставщиков импортного сырья. Рост цен касается высококачественных источников протеина, таких как рыбная мука. Ограничение использования доступных источников протеина приводит к возможности применения так называемых альтернативных источников белка, таких как белковый концентрат.

Белковый концентрат «Агро-Матик» протеин 55% содержит в своем составе сбалансированный состав белков растительного и животного происхождения, что обеспечивает высокие показатели продуктивности. Применение концентрата также способствует получению продукции высокого качества. Отличительной чертой продукта является высокое процентное содержание белка и жира при низком содержании крахмала и клетчатки. В ввиду данного обстоятельства белковый концентрат может использоваться не только в традиционных отраслях своего применения (свиноводство и птицеводство), но и при производстве комбикормов для аквакультуры.

Экспериментальная работа проведена на базе аквариальной кафедры аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Объектом исследования послужила молодь тиляпии (Oreochromis niloticus).

Для их содержания использовали прямоугольные стеклянные аквариумы объемом 100 литров. Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела рыб и температуры воды, в соответствии с общепринятой технологией выращивания. Корм задавали вручную 3-4 раза в сутки с визуальным контролем поедаемости. Контроль за гидрохимическими параметрами воды осуществляли ежедневно.

Таблица 1 - Схема опыта

Содержание, %	Контроль Корм для рыб НПО «Агро-Матик»	Вариант 1 12,75% рыбной муки	Вариант 2 12,0% рыбной муки	Вариант 3 11,75% рыбной муки
Сырой протеин	42	45	45	45
Сырой жир	11	12	12	12
Стоимость корма, руб/кг	77	52*	52*	52*

*-стоимость корма рассчитана по состоянию на 2020 год с помощью программы «Корм Оптима».

Разработанные рецептуры комбикормов для тиляпии по содержанию протеина и жира в количестве 45% и 12% находились в пределах нормативов (Привезенцев, 2008). Состав опытных комбикормов (варианты 1-3): концентрат белковый «Агро-Матик», шрот соевый, мука рыбная, пшеничная, масло подсолнечное, кукурузный глютен, мука кровяная, перьевая, дрожжи кормовые, пшеничный глютен.

Таблица 2 - Результаты выращивания

Вариант опыта	Контроль		1		2		3	
Дата	15.01	27.02	15.01	27.02	15.01	27,.02	15.01	27.02
Продолжительность опыта, сутки	1	44	1	44	1	44	1	44
Средняя масса рыбы, г	1,62	14,6	1,64	19,3	1,64	19,1	1,62	17,1
Количество, шт.	45	45	45	45	45	45	45	45
Израсходовано корма, г	-	1104	-	1104	-	1104	-	1104
Выживаемость, %	-	100	-	100	-	100	-	100
Прирост ихтиомассы, г	-	584	-	795	-	786	-	697
Абсолютный прирост, г/шт	-	13,0	-	17,7	-	17,4	-	15,5
Среднесуточный прирост, г/шт	-	0,30	-	0,40	-	0,40	-	0,35
Коэффициент массонакопления	-	0,087	-	0,102	-	0,102	-	0,095
Относительная скорость роста, %	-	5,12	-	5,76	-	5,74	-	5,50
Суточный рацион, %	-	6,88	-	5,33	-	5,38	-	5,96
Затраты корма, кг/кг	-	1,89	-	1,39	-	1,41	-	1,58
Затраты протеина, г/кг	-	793,8	-	622,5	-	634,5	-	711,0
Стоимость корма, руб.	-	145,5	-	72,3	-	73,3	-	82,2
Объем бассейна, м³	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-

В результате опыта установлено, что для тиляпий опытных групп с заменой рыбной муки на 15% белкового концентрата, показывают увеличение показателей прироста и высокую выживаемость. Так, абсолютный прирост рыб в этой группе составил 17,66 г, среднесуточная скорость роста – 0,4%, выживаемость - 100%, кормовые затраты –0,102.

Полученные данные позволяют рекомендовать комбикорм с заменой 15% рыбной муки на белковый концентрат «Агро-Матик» к организации производства полнорационных кормов для тиляпии массой 1 до 20 г.

Список использованных источников

1. Тиляпии (систематика, биология, хозяйственное использование). Привезенцев Ю.А. Москва 2008 г.
2. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Щербина М.А., Е.А. Гамыгин. Издательство ВНИРО 2006
3. Пономарев С.В. Современные корма для ценных объектов аквакультуры: новые кормовые источники протеина, решение проблемы замены рыбной муки / Пономарев С.В., Федоровых Ю.В., Ушакова Н.А., Новиков С.И., Ширина Ю.М., Левина О.А., Куркембаева Б.М., Порфирьев А.Г // Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры. Материалы Всероссийской научно-практической конференции – 2019. – С. 305-309.

УДК 639.3.05

СОДЕРЖАНИЕ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТИЛЯПИИ, ВЫРАЩЕННОЙ НА КОРМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА «АГРО-МАТИК»

Петров А.С.[1], Небера Е.А.[2], Бардюгов Н.С.[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - мсха имени К.А. Тимирязева», a.s.petrushka@gmail.com

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов», nebera@vgnki.ru, bardugov@vgnki.ru

THE CONTENT OF TOXIC ELEMENTS IN TILAPIA GROWN ON FEED USING PROTEIN CONCENTRATE «AGRO-MATIC»

Petrov A.S., Neber E.A., Bardyugov N.S.

Резюме: *Представлены данные исследований образцов тиляпий на показатели безопасности (мышьяк, кадмий, ртуть, свинец) при выращивании на кормах с использованием белкового концентрата*

Ключевые слова: *концентрат белковый, токсичные элементы, требования безопасности, Технический регламент, соответствие требованиям.*

Summary: *The data of studies of tilapia samples on safety indicators (arsenic, cadmium, mercury, lead) when grown on feed using protein concentrate are presented*

Key words: *protein concentrate, toxic elements, safety requirements, Technical regulations, compliance with the requirements.*

Выращивание рыбы в условиях индустриальной аквакультуры позволяет получать не только высокий выход рыбы, но также получение безопасной и экологически чистой продукции.

Все прогрессирующий рост городов, повышение уровня выброса вредных веществ в атмосферу в значительной степени повышает риск обнаружения токсичных элементов в объектах аквакультуры. Для контроля безопасности разработан Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 040), в котором отражены нормативные значения по содержанию мышьяка, кадмия, ртути и свинца в объектах аквакультуры.

Ярким представителем рыб, выращиваемых в условиях индустриальной аквакультуры, является тиляпия.

Тиляпии отличаются исключительно широкими адаптационными возможностями. Они хорошо растут и легко размножаются как в пресной, так и соленой воде, устойчивы к дефициту кислорода и повышенному содержанию органики в воде, обладают широким спектром питания и эффективно оплачивают задаваемые корма, что позволяет успешно выращивать их в специфичных условиях содержания (высоких плотностях посадки, постоянном интенсивном водообмене, напряженном гидрохимическом режиме) [3].

Для проведения исследований были использованы образцы тиляпий, которые выращивались на кормах с использованием белкового концентрата «Агро-Матик».

Таблица 1 - Схема опыта

Содержание, %	Контроль (без рыбной муки)	Вариант 1 с 15% заменой рыбной муки	Вариант 2 с 20% заменой рыбной муки	Вариант 3 с 25% заменой рыбной муки
Сырой протеин	42	45	45	45
Сырой жир	11	12	12	12

Исследования проводили в Испытательном центре ФГБУ «ВГНКИ» методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмы с применением методики «Методические указания по определению массовой доли мышьяка, кадмия, ртути и свинца в пищевых продуктах, кормах и кормовых добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой».

Метод ИСП-МС обладает низкими пределами обнаружения, высокой избирательностью (специфичностью), и за короткое время (2-5 мин.) позволят количественно определять до 40 элементов в различных биологических и минеральных матрицах. Применение закрытого микроволнового разложения проб в посуде из фторопласта или перфторалкоксиполимера исключает потери анализируемых летучих элементов (например ртуть) и обеспечивает низкие пределы обнаружения за счет отсутствия контаминации от материала сосудов. Современные микроволновые системы для кислотного разложения проб обладают высокой производительностью, что вместе с методом ИСП-МС дает возможность оперативно проводить контроль на содержание токсичных элементов больших серий образцов различной природы [2].

Для проведения исследований использовались 4 образца тиляпий, которые отобраны из опытных аквариумов. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 2 - Результаты испытаний

Показатель	Нормативное значение	Проба 1 (контроль)	Проба 2 (вариант 1)	Проба 3 (вариант 2)	Проба 4 (вариант 3)
Мышьяк, мг/кг	не более 1,0	0.040 ± 0.012	0,20 ± 0.04	0,19 ± 0,04	0,26 ± 0,05
Кадмий, мг/кг	не более 0,2	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ртуть, мг/кг	не более 0,6	<0,01	0,038 ± 0,017	0,027 ± 0,012	0,037 ± 0,016
Свинец, мг/кг	не более 1,0	<0,01	<0,01	0,018 ± 0,012	<0,01

Из представленных данных таблицы можно сделать вывод о том, что содержание токсичных элементов в образцах выращенной тиляпии полностью соответствуют требованиям ТР ТС 040 по содержанию токсичных элементов.

Таким образом, применение кормов с использованием белкового концентрата «Агро-Матик» позволяет получать безопасную с точки зрения действующего законодательства продукцию аквакультуры.

Список использованных источников

1. Боронецкая О.И. Использование тиляпии (TILAPIINAE) в мировой и отечественной аквакультуре. М: Известия ТСХА, выпуск 1.- 2012 г.164 с.
2. Методические указания по определению массовой доли мышьяка, кадмия, ртути и свинца в пищевых продуктах, кормах и кормовых добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой, МУ А-1/006, утв. директором ФГБУ «ВГНКИ» от 15.01.2014 г. Свидетельство об аттестации методики измерений № 01.00225/205-18-14 от 29.04.2014 г.
3. Привезенцев Ю.А. Тиляпии (систематика, биология, хозяйственное использование)/Привезенцев Ю.А. -М.: РГАУ-МСХА, 2011.-125 с.
4. Тетдоев В.В. Размножение и выращивание тиляпии в естественных водоемах и в условиях индустриальных рыбоводных хозяйств. М: Изд-во РГАЗУ.– 2009. 102 с.

УДК 639.3.05

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ТИЛЯПИЙ, ВЫРАЩЕННЫХ НА КОРМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА «АГРО-МАТИК»

Пырсиков А.С.[1], Петров А.С.[2], Есавкин Ю.И.[3], Буряков Н.П.[3]

[1]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, andrey.pyrsikov@yandex.ru

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов», a.s.petrushka@gmail.com

[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», uiesavkin@yandex.ru,, kormlenieskota@gmail.com

AMINO ACID COMPOSITION OF THE MUSCLE TISSUE OF TILAPIA GROWN ON FEED USING THE PROTEIN CONCENTRATE «AGRO-MATIC»

Pyrsikov A.S., Petrov A.S., Esavkin Y.I., Buryakov N.P.

Резюме: *в последнее время большое внимание уделяется получению качественной и экологически безопасной продукции. Аквакультура занимает в этом направлении одно из ведущих мест, так как продукты питания, производимые рыбной промышленностью, являются важным источником белка животного происхождения. В статье представлены данные аминокислотного состава мышечной ткани тиляпий.*

Ключевые слова: *кормление, белковый концентрат, выращивание, тиляпия, аминокислотный состав.*

Summary: *Recently, much attention has been paid to obtaining high-quality and environmentally friendly products. Aquaculture occupies one of the leading positions in this direction, as the food produced by the fishing industry is an important source of animal protein. The article presents data on the amino acid composition of the muscle tissue of tilapia.*

Key words: *feeding, protein concentrate, cultivation, tilapia, amino acid composition.*

Выращивание тиляпии в условиях промышленного рыбоводства позволяет получать огромный объем рыбы в полностью контролируемых человеком

условиях. Тиляпии являются неприхотливыми объектами, которые выдерживают высокие плотности посадки, напряженные температурные и газовые режимы, также они довольно устойчивы к различным заболеваниям.

Вопросы выращивания тиляпии в условиях нашей страны и использование в рационах отечественных комбикормов имеют огромное значение для аквакультуры, первые исследования были развёрнуты под руководством таких крупных учёных, как: Лавровский В.В., 1987; Менькин В.К., 1993; Миронова М.В., 1969; Остроумова И.Н., 1974 и др. Их труды имеют огромное теоретическое и практическое значение.

Успешная эксплуатация замкнутых систем при выращивании различных видов рыб возможна только при использовании высококачественных кормов, которые в своем составе содержат все необходимые питательные вещества в определенных пропорциях полностью обеспечивающих потребности рыб. Правильно сбалансированные комбикорма позволяют улучшить пищеварение и повысить усвоение кормов, что увеличивает выход товарной продукции в сокращенные сроки при меньших трудозатратах и затратах материальных средств.

Определение потребностей нильской тиляпии в аминокислотах показало, что корма для нее должны содержать (в % к массе корма): аргинина-1,37, метионина-0,51, фенилаланина-1,04, гистидина-0,63, изойлейцина-1,12, лейцина-1,63, треонина-0,99, валина-1,26 и триптофана-0,35 (Gaber, 2006)

Белковый концентрат «Агро-Матик» протеин 55% содержит в своем составе сбалансированный состав белков растительного и животного происхождения, что обеспечивает высокие показатели продуктивности.

Экспериментальная работа проведена на базе аквариальной кафедры аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Объектом исследования послужила молодь тиляпии (*Oreochromis niloticus*).

Рыбу выращивали в прямоугольных стеклянных аквариумах объемом 100 литров. Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела рыб и температуры воды, в соответствии с общепринятой технологией выращивания. Корм задавали вручную 3-4 раза в сутки с визуальным контролем поедаемости. Контроль за гидрохимическими параметрами воды осуществляли ежедневно.

Таблица 1 - Схема опыта

Содержание, %	Контроль (без рыбной муки)	Вариант 1 с 15% заменой рыбной муки	Вариант 2 с 20% заменой рыбной муки	Вариант 3 с 25% заменой рыбной муки
Сырой протеин	42	45	45	45
Сырой жир	11	12	12	12

Исследования проводили согласно ГОСТ 32195 с использованием жидкостной хроматографии.

Таблица 2 - Результаты эксперимента

Аминокислота, %	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4
Аспарагиновая кислота	1,97	2,31	1,97	2,04
Треонин	0,91	1,07	0,95	0,95
Серин	0,75	0,80	0,69	0,75
Глутаминовая кислота	2,95	3,44	3,00	3,10
Пролин	0,66	0,88	0,75	0,74
Глицин	1,08	1,19	1,11	1,13
Аланин	1,14	1,34	1,21	1,26
Валин	1,01	1,19	1,05	1,11
Метионин	0,57	0,65	0,58	0,61
Изолейцин	0,86	1,00	0,88	0,90
Лейцин	1.57	1.73	1.55	1.65
Тирозин	0.65	0.73	0.64	0.68
Фенилаланин	0.81	0.92	0.82	0.88
Гистидин	0.48	0.63	0.55	0.57
Лизин	1.72	1.96	1.78	1.84
Аргинин	1.38	1.45	1.28	1.50

В результате опыта установлено, что для опытных групп тиляпий с заменой рыбной муки на 15% белкового концентрата, показывают повышение содержания незаменимых аминокислот: лизин, треонин, валин и триптофана в сравнении с контролем и двумя другими опытными группами.

Список использованных источников

1. Привезенцев Ю.А. Тиляпии (систематика, биология, хозяйственное использование)/Привезенцев Ю.А. -М.: РГАУ-МСХА, 2011.-125 с.
2. Тетдоев В.В. Размножение и выращивание тиляпии в естественных водоемах и в условиях индустриальных рыбоводных хозяйств. М: Изд-во РГАЗУ.– 2009. 102 с.
3. Пономарев С.В. Современные корма для ценных объектов аквакультуры: новые кормовые источники протеина, решение проблемы замены рыбной муки / Пономарев С.В., Федоровых Ю.В., Ушакова Н.А., Новиков С.И., Ширина Ю.М., Левина О.А., Куркембаева Б.М., Порфирьев А.Г // Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры. Материалы Всероссийской научно-практической конференции – 2019. – С. 305-309.

УДК 639.3.09:615

О ПРИМЕНЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ АНТИПАРАЗИТАРНЫХ ОБРАБОТОК РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ: СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД

Романова Н.Н., Головин П.П., Вишторская А.А.

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), Федеральное агентство по рыболовству,

vniiprh@vnipo.ru; lab.ihtiopat@mail.ru

ON THE USE OF ORGANIC DYES FOR ANTIPARASITIC TREATMENT OF FISH IN THE AQUACULTURE: CURRENT VIEW

Romanova N.N., Golovin P.P., Vishtorskaya A.A.

Резюме: *Представлены результаты остаточного количества органических трифенилметановых красителей малахитового зеленого и фиолетового «К» в рыбе, оцененные методом иммуноферментного анализа, после проведенных антипаразитарных обработок. Установлены сроки выведения красителей из организма рыб, на основе которых разработаны практические рекомендации безопасного использования этих средств в аквакультуре. Рекомендовано профилактические и терапевтические антипаразитарные обработки проводить только во время инкубации икры и на первом году независимо от условий выращивания рыб (прудовое, индустриальное) малахитовым зеленым – в первые 3 месяца, фиолетовым «К» – в течение первого года.*

Ключевые слова: *антипаразитарная обработка, органические трифенилметановые красители, малахитовый зеленый, рыбы, фиолетовый «К»*

Summary: *The article presents the results for the residual amount of organic triphenylmethane dyes – crystal violet and malachite green – in fish assessed by enzyme-linked immunosorbent assay after antiparasitic treatment. The time needed for the elimination of dyes from the fish has been established, and practical guidelines for the safe use of these agents in aquaculture have been developed. Preventive and therapeutic antiparasitic treatment is recommended only during the spawn incubation period and during the first year, regardless of the conditions of fish growing (pond, industrial), using malachite green in the first 3 months and crystal violet during the first year.*

Key words: *antiparasitic treatment, organic triphenylmethane dyes, malachite green, fish, crystal violet*

Возникновение болезней культивируемых гидробионтов приводит к потере рыбной продукции, поэтому здоровье рыб является залогом благополучного развития аквакультуры. В решении этого вопроса важную роль играют мероприятия, направленные на предупреждение возникновения заболеваний, а также на своевременное их лечение. Одним из основных профилактических и терапевтических мероприятий является противопаразитарная обработка икры во время инкубации и рыбы на первом году выращивания.

В качестве противопаразитарных средств в 60-ые годы XX века широкое применение в прудовой и индустриальной аквакультуре получили органических трифенилметановых красителей (ТФК): малахитовый зеленый (МЗ) и фиолетовый «К» (ФК), а также брильянтовый зеленый. Высокий спрос обеспечивался их доступностью и эффективностью в профилактике и терапии заболеваний, вызываемых микроскопическими грибами рода *Saprolegnia*, инфузориями *Ichthyophthirius multifiliis, Chilodonella cyprinis,* рода *Trichodina* у рыб разных видов и возрастов. Были утверждены наставления по применению органических красителей для лечебно-профилактических обработок рыбы и икры при ее инкубации на рыбоводных хозяйствах [Наставление по применению технических и органических красителей для профилактической обработки рыб в зимовальных прудах, 1971; Наставление по применению малахитового зеленого при ихтиофтириозе, 1969; Временное наставление по применению основного фиолетового «К» для борьбы с сапролегниозом икры осетровых рыб, 1987; Наставление по борьбе с сапролегниозом икры карпа при заводском способе получения потомства, 1979, Временное наставление по применению основного фиолетового «К» против сапролегниоза икры белорыбицы и осетровых рыб, 1985].

Малахитовый зеленый $C_{23}H_{26}N_2O$ (Malachite green) – тетраметил-4,4-диаминотрифенилметан (синонимы: бензоилгрюн, малахитгрюн). Тёмно-зелёные кристаллы с металлическим блеском, хорошо растворы в воде с кислой средой (при pH – 6,9 растворяется на 50%), в щелочной среде переходит в окрашенную карбинольную форму. В связи с этим рабочие растворы малахитового зеленого необходимо использовать быстро, и не готовить впрок.

Фиолетовый «К» $C_{25}H_{30}N_3Cl$ (Crystal violet) – кристаллический фиолетовый (синонимы: генцианвиолет, кристалвиолет, метилвиолет, пиоктанин синий, хлоргидрит). Темно-фиолетовое порошкообразное вещество. Препарат хорошо растворяется в воде при температуре 50-60°С.

Необходимо учесть, что используемые для обработки икры и рыбы красители не должны содержать тяжелых металлов, которые могут быть токсичны.

В основе химической структуры органических красителей находятся иминовая группа и ароматическая система. Имины образуют активные формы кислорода (АФК), что приводит к истощению глутатиона и белковых тиолов [Eldem, Özer, 2004]. АФК, образующиеся в ходе реакции, являются продуктами нормального метаболизма клетки, защита от которых происходит с помощью антиоксидантов, однако при длительном воздействии происходит их распад, что обуславливает цитотоксическое действие препарата [Kovacic, Somanathan, 2014]. Сложная ароматическая система обеспечивает структуре устойчивость в окружающей среде, что приводит к медленному накоплению красителей [Biofilm formation..., 2018].

В организме рыб малахитовый зеленый и фиолетовый «К» трансформируются в лейкооснования [Development and validation…, 2011], и время их выведения зависит от концентрации красителя и темпа роста рыбы [Effects of malachite green…, 2005]. Поскольку лейкооснование малахитового зеленого не является имином, его токсичность в несколько раз меньше, чем самого красителя [In vitro interactions of malachite green..., 2017], однако некоторые исследователи указывают на его потенциальную канцерогенность [Genotoxicity of malachite green…, 2004].

Изучение влияния ТФК на организм теплокровных животных привели к запрету использования этих средств для обработки рыб в аквакультуре.

Введением обновлённой нормативной базы [Государственный реестр…, 2019; Приказ МСХ от 10.10.2011 № 357; ФЗ от 12.04.2010 №61] и ужесточением требований к безопасности пищевой продукции [ТР ТС 021/2011; ТР ЕАЭС 040/2016] органы Роспотребнадзора пытаются урегулировать неограниченное применение ТФК в аквакультуре. Товарная рыбная продукция проходит проверку на наличие ТФК в лаборатории по проверке качества пищевых продуктов.

Главная проблема на данный момент в аквакультуре на территории Российской Федерации – ограниченный список лекарственных препаратов в области ветеринарии, в особенности для аквакультуры, [Государственный реестр …, 2019; Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии, 2018], которого недостаточно для контроля эпизоотий на рыбоводных предприятиях. Решение вопроса о возможности применения ТФК для обработки рыб на определенных этапах выращивания позволит рыбоводным хозяйствам максимально снизить ущерб от заболеваний, а также исключить вероятность обнаружения красителей в рыбе, которая достигла товарной массы.

В Филиале по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») в 2017-2019 гг. была проведена научно-экспериментальная работа, целью которой было определение сроков выведения малахитового

зеленого и фиолетового «К» из организма рыб при профилактических обработках инкубируемой икры и молоди.

По результатам исследований были подготовлены «Практические рекомендации по безопасному применению малахитового зеленого и фиолетового «К» для обработки инкубируемой икры и рыбопосадочного материала в прудовой и индустриальной аквакультуре», которые предназначены для рыбоводов, ихтиопатологов и ветеринарных врачей.

Сроки выведения ТФК из рыбы определяли иммуноферментным анализом с использованием тест-систем Malachite Green/Leucomalachite Green plate kit и Malachite Green/Leucomalachite Green EIA в соответствии с ГОСТ 57025-2016 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Иммуноферментный метод определения остаточного содержания трифенилметановых красителей» [ГОСТ 57025-2016]. Подтверждение полученных результатов проводили арбитражным методом – анализом жидкостной хроматографией [ГОСТ Р 56962-2016]. На международном уровне установлено, что результат менее 2 мкг/кг является ниже предела количественного определения (НПО), что считается отрицательным результатом.

Результаты исследования накопления суммарного остаточного количества малахитового зеленого и лейкомалахитового зеленого в рыбе после обработок в концентрации 0,2 и 0,5 г/м^3 и при температуре воды 7°С показали, что на следующие сутки после 72-часовой обработки у бестера выявлено его высокое накопление в организме – более 2500 мкг/кг (табл. 1). При обработке препаратом в более низкой концентрации (0,02 г/м^3) его содержание в организме рыб было в 4 раза меньше.

Таблица 1 - Остаточное суммарное количество малахитового зеленого и лейкомалахитового зеленого у бестера после обработки в холодной воде (7°С)

Концентрация красителя при обработке, г/м^3	Количество красителя в рыбе, мкг/кг
0,5	~2500,00
0,2	~2500,00
0,02	594,85

При обработке рыбы в концентрации 0,2 г/м^3 при температуре 7°С (72 часа) и 18°С (4 часа) было установлено, что краситель накапливается в их организме не зависимо от температуры воды в пределах 2500 мкг/кг. При этом большую его часть – более 2400 мкг/кг (~96%) – составляет лейкомалахитовый зеленый.

При сравнительном анализе содержания малахитового зеленого и его основания в мышцах и внутренних органах рыб было установлено, что эти вещества равномерно распределяются в организме (табл. 2).

Таблица 2 - Остаточное количество малахитового зеленого (МЗ) и лейкомалахитового зеленого (ЛМЗ) у бестера после обработки красителем при концентрации 0,2 г/м^3 в воде при температуре 18°С

Проба	Рыба		Мышцы МЗ+ЛМЗ	Органы МЗ+ЛМЗ
	МЗ	МЗ+ЛМЗ		
Количество красителя в рыбе, мкг/кг	104,96	~2500,00	~2500,00	~2500,00

После 8-кратной обработки инкубируемой икры радужной форели у выращиваемой из нее двухмесячной молоди (на 76 сут) суммарное остаточное количество красителя и лейкомалахитового зеленого составило 25 мкг/кг. Затем эта партия рыбы была 3-кратно обработана малахитовым зеленым (в концентрации 0,5 г/м^3 в течение 3 ч). Анализ показал, что снижение содержания красителя в организме рыб происходит относительно длительный период. В течение первых трех месяцев его количество составляет 2500 мкг/кг, через шесть месяцев снижалось до 250 мкг/кг, через семь месяцев – до 10 мкг/кг и только через десять месяцев – до 1,975 мкг/кг, то есть ниже НПО и является отрицательным результатом (рис. 1).

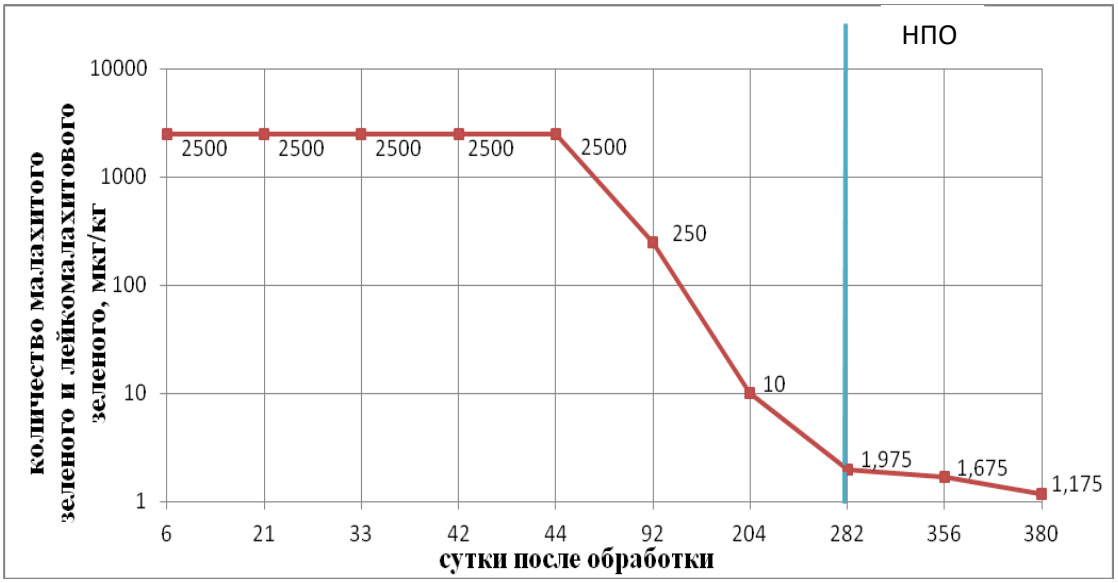


Рисунок 1 – Динамика снижения суммарного остаточного количества малахитового зеленого и лейкомалахитового зеленого у радужной форели

После обработок рыбы другим ТФК – фиолетовым «К» сроки выведения препарата были другие. Обработки карпа проведены в осенний и весенний период в прудах (в концентрации 0,2 г/м^3) и дополнительно при перевозке в транспортной таре (в концентрации от 1,1 до 5,6 г/м^3 в течение 20-40 мин). Анализ остаточного количества фиолетового «К» у карпа в период летнего

выращивания показало, что на 40-й день после последней обработки его значение находится на уровне ниже предела количественного определения (2 мкг/кг), что является отрицательным результатом (табл. 3).

Таблица 3 - Данные по остаточному количеству красителя у карпа (из нагульных прудов) после обработки фиолетовым «К» в осенне-весенний период

Возраст рыбы при отборе проб на анализ	Срок отбора проб после обработки, сут	Результат, мкг/кг
Двухлетки	40	НПО
	70	НПО
	145	НПО
Трехлетки	40	НПО

Сроки выведения фиолетового «К» в летний период выращивания из организма рыбы составляет 40 суток (1,5 месяца), а малахитового зеленого – 282 суток (10 месяцев) после последней обработки.

При проведении лечебно-профилактических обработок рыбы трифенилметановыми красителями необходимо соблюдать установленные сроки выведения. С этой целью обработки возможны на следующих этапах выращивания:

1) во время инкубации икры;

2) на первом году независимо от условий выращивания рыб (прудовое, индустриальное) для профилактической и лечебной антипаразитарной обработки:

– малахитовый зеленый – в первые 3 месяца,

– фиолетовый «К» – в течение первого года.

Во время инкубации икры лечебно-профилактические обработки проводят от сапролегниоза. У лососевых рыб на стадии образования глазка икру обрабатывают малахитовым зеленым в концентрации 1:15000 – 10-30 секунд с интервалом 10 дней. Профилактическую обработку икры карпа проводят раствором фиолетового «К» (5 мг/л) в течение 30 мин при температуре воды 16-20^{0}С на 2-е сутки после начала инкубации.

Профилактическую обработку икры осетровых проводят раствором фиолетового «К» (10 мг/л) в течение 30 мин. Икру осетра, стерляди и севрюги обрабатывают двукратно: на 16 и 22-й стадии развития - икру осетра и стерляди; на 16-17-й и 26-й – икру севрюги. Икру белуги – трехкратно с двухдневном интервалом, т.е. на 16-й, 22-й и 28-й стадиях развития. Икру белорыбицы обрабатывают раствором фиолетового «К» (5 мг/л) в течение 30 мин. Четырехкратно: на 2-й, 3-й, 6-7-й и 30-й дни после инкубации.

Обработку икры судака фиолетовым «К» проводят в концентрации 5,0 мг/л в течение 30 минут сразу после закладки гнёзд и икрой в моросильные камеры; затем через день до стадии «вращающегося эмбриона»; проточность при обработках отключают [Ларцева, 2016].

Для профилактической обработки икры органическими красителями используют специальный бак, который устанавливают выше стойки с аппаратами. Из него шлангом, находящимся в нижней части бака, рабочий раствор препарата самотеком поступает в инкубационные аппараты. Температура рабочего раствора должна соответствовать температуре воды, подаваемой в аппарат. По истечению времени обработки шланги отсоединяют, и аппараты подключают к обычной чистой воде. Используют также методику капельной подачи маточного раствора лечебного препарата непосредственно в инкубационный аппарат без прекращения основного водообмена.

Лечение молоди рыб можно проводить в любое время года; при этом необходимо строго соблюдать рекомендованные концентрации по использованию лечебных препаратов и установленные сроки выведения их из организма рыбы.

Внесение органических красителей осуществляют в виде кратковременных и длительных обработок в рыбоводных емкостях, в прудах и в транспортной таре. Красители вносят в предварительно растворенном (маточные растворы) виде с прекращением водообмена или без его прекращения. С прекращением водообмена обработку проводят с малой экспозицией и высокой концентрацией лечебного препарата.

Кратковременные ванны при протозоозах (хилодонеллез, триходиниоз, ихтиофтириоз, апизоомоз, костиоз) с малахитовым зеленым применяют для личинок лососевых в концентрации 0,1-0,5 мг/л в течение 7 мин; для других рыб в концентрации 1,0 мг/л – в течение 20 мин. в первые 3 месяца выращивания.

Ванны длительного действия (в рыбоводных емкостях) при протозоозах (хилодонеллез, триходиниоз, ихтиофтириоз, апизоомоз, костиоз), моногеноидозах (дактилогироз и гиродактелез), сапролегнеозе проводят малахитовым зеленым или фиолетовым «К» в концентрации 0,15-0,2 г/м^3 в течении 4-5 ч., первый краситель используют в первые 3 месяца выращивания рыб, второй – в течение первого года выращивания рыб.

При ихтиофтириозе рыб в бассейнах малахитовый зеленый применяют в концентрации 0,2-0,5 г/м^3 в течение 4-5 ч. допустимы обработки только в первые 3 месяца выращивания; фиолетовый «К» – 0,2-0,3 г/м^3 в течение 4-5 ч. допустимы обработки в течение первом года выращивания.

В индустриальных хозяйствах воду после обработке ТФК сбрасывают в канализационную сеть.

Лечебно-профилактические обработки рыбы в прудовых рыбоводных хозяйствах обычно проводят весной и осенью при пересадке рыбы из одной категории прудов в другие или при перевозках из других хозяйств.

При обработке рыбы в прудах краситель вносят непосредственно в пруд. Маточный раствор вносят с дамб равномерно по всему водному зеркалу прудов с помощью разбрызгивающих устройств.

Для обработки рыбы в зимовальных прудах фиолетовым «К» в концентрации 0,15-0,2 г/м^3 краситель вносят в пруды весной после таяния льда за 2-3 дня до разгрузки и осенью через 3-5 дней после посадки в зимовальные пруды. При обработке рыбы подачу воды в зимовальных прудах не прекращают. При температуре воды выше 15^{0}С и pH более 8 обработку проводить не рекомендуется. Для обработки рыбы с лечебной целью в зимний период по всей площади пруда делают во льду проруби, в которые равномерно разливают маточный раствор фиолетового «К» в концентрации 0,1-0,15 г/м^3 трехкратно с интервалом в 2-3 дня.

В летний период лечебные обработки возможны в нерестовых и выростных прудах на первом году выращивания. В нерестовых прудах для лечебной обработки от ихтиофтириоза применяют малахитовый зеленый в концентрации 0,1-0,2 г/м^3. Обрабатываемая рыба должна находиться в таком растворе 4-5 ч., после чего возобновляют проточность или повышают уровень воды в пруду.

Непосредственно в садках при выращивании рыбы обработки органическими красителями не рекомендуются, так как трифенилметановые красители устойчивы в окружающей среде и могут создать напряженную экологическую ситуацию в водоеме, где расположены садки.

Правильный подход к использованию для лечебно-профилактических обработок рыбы малахитового зеленого и фиолетового «К» позволит улучшить эпизоотическую ситуацию на рыбоводном хозяйстве и получать рыбную продукцию без остаточного количества трифенилметановых красителей.

Список использованных источников

1. Временное наставление по применению основного фиолетового «К» против сапролегниоза икры белорыбицы и осетровых рыб – утв. Главветупром МСХ СССР от 26.12.1985.

2. Временное наставление по применению основного фиолетового «К» для борьбы с сапролегниозом икры осетровых рыб – утв. Главным управлением ветеринарии Государственного агропромышленного комитета СССР 3 февраля 1987 г.

3. ГОСТ 57025-2016 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Иммуноферментный метод определения остаточного содержания трифенилметановых красителей. – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.

4. ГОСТ Р 56962-2016 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Метод определения остаточного содержания трифенилметановых красителей с помощью сверхвысокоэффективной жидкостной хроматографии с времяпролетным масс-спектрометрическим детектором высокого разрешения. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

5. Государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://irena.vetrf.ru/irena/operatorui?_action=clearRegListMedicine (дата обращения 19.03.2021).

6. Наставление по применению малахитового зеленого при ихтиофтириозе карпов – утв. Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 14 марта 1969 г.

7. Наставление по борьбе с сапролегниозом икры карпа при заводском способе получения потомства – утв. Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 5 марта 1979 г.

8. Наставление по применению технических и органических красителей (основного ярко-зеленого и фиолетового «К») для профилактической обработки рыб в зимовальных прудах - утв. Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 19 апреля 1971 г.

9. Ларцева Л.В. Сапролегниоз икры судака при искусственном разведении в дельте р. Волги. Журнал Труды ВНИРО, Т. 162. 2016.- С. 129-137.

10. Приказ Министерства сельского хозяйства от 10 октября 2011 № 357 «Об утверждении порядка осуществления мониторинга безопасности лекарственных препаратов для ветеринарного применения, регистрации побочных действий, серьезных нежелательных реакций, непредвиденных нежелательных реакций при применении лекарственных препаратов для ветеринарного применения и предоставления информации об этом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minjust.consultant.ru/documents/429 (дата обращения 19.03.2021).

11. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 13.02.2018 N 28 "О максимально допустимых уровнях остатков ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ), которые могут содержаться в непереработанной пищевой продукции животного происхождения, в том числе в сырье, и методиках их определения" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/556522984 (дата обращения 24.03.2021).

12. ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции". Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии № 162 от 18 октября 2016 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/420394425 (дата обращения 23.03.2021).

13. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» УТВЕРЖДЕН Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://24.rospotrebnadzor.ru/s/24/files/links/NormMetodObesp/TehRegTS/98765.pdf (дата обращения 23.03.2021).

14. Федеральный закон от 12.04.2010 N 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств» (ред. от 22.12.2020) https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=383597

15. Biofilm formation of filamentous fungi Coriolopsis sp. on simple muslin cloth to enhance removal of triphenylmethane dyes/ C. Munck, E. Thierry, S. Gräßle, S.H. Chen, A.S.Y. Ting // Journal of Environmental Management, 2018. – № 214. – P. 261-266.

16. Development and validation of a fast monoclonal based disequilibrium enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of triphenylmethane dyes and their metabolites in fish / M. Oplatowska, L. Connolly, P. Stevenson, S. Stead, C. T. Elliott //Analytica Chimica Acta, 2011. – № 698. – P. 51-60.

17. Effects of malachite green (MG) and its major metabolite, leucomalachite green (LMG), in two human cell lines/ A. Stammati, C. Nebbia, I. De Angelis, A.G. Albo, M. Carletti, C. Rebecchi, F. Zampaglioni, M. Dacasto // Toxicology in Vitro, 2005. – №19. – P. 853-858.

18. Eldem Y., Özer I. Electrophilic reactivity of cationic triarylmethane dyes towards proteins and protein related nucleophiles // Dyes and pigments, 2004. – № 60. – P. 49-54.

19. Genotoxicity of malachite green and leucomalachite green in female Big Blue B6C3F1 mice/R.A. Mittelstaedt, N. Mei, P.J. Webb, J.G. Shaddock, J.G. Dobrovolsky, L.J. McGarrity, S.M. Morris, T. Chen, F.A. Beland, K.J. Greenlees, R.H. Heflich // Mutation Research, 2004. – № 561. – P. 127–138.

17. In vitro interactions of malachite green and leucomalachite green with hepatic drug-metabolizing enzyme systems in the rainbow trout (Onchorhyncus mykiss)/ C. Nebbia, F. Girolami, M. Carletti, L. Gasco, I. Zoccarato, A. Giuliano Albo // Toxicology Letters, 2017.

18. Kovacic P., Somanathan R. Toxicity of imine-iminium dyes and pigments: electron transfer, radicals, oxidative stress and other physiological effects // Journal of Applied Toxicology, 2014. – № 34. – P. 825-834.

УДК 639.215.3.032

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕГОЛЕТКОВ И ГОДОВИКОВ АМУРСКОГО САЗАНА

Савичева Е.А., Сергеева Т.А.

Республиканское унитарное предприятие «Институт рыбного хозяйства» республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр по животноводству» Национальной академии наук Беларуси, belniirh@tut.by

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FINGERLING AND YEARLINGS OF THE AMUR CARP

Savitcheva E.A., Sergeeva T.A.

Резюме: *В результате сравнения содержания общего белка, холестерина и глюкозы в сыворотке крови опытных помесных групп сазана, коллекционных пород карпа белорусской и зарубежной селекции, выращенных в одинаковых условиях, установлены изменения физиолого-биохимических показателей у годовиков по сравнению с сеголетками.*

Ключевые слова*. Сазан, карп, сеголеток, годовик, сыворотка крови, общий белок, глюкоза, холестерин.*

Summary. *As a result of comparing the content of total protein, cholesterol and glucose in the blood serum of experimental crossbred groups of amur carp, collection breeds of carp of Belarusian and foreign selection, grown under the same conditions, changes in physiological and biochemical parameters in yearlings compared with fingerling were established.*

Key words. *Amur carp, carp, fingerling, yearlings, blood serum, total protein, glucose, cholesterol.*

Введение

Кровь, будучи подвижной многокомпонентной соединительной тканью организма, содержит в плазме белки, углеводы (гликоген, глюкоза и др.) и другие вещества, играющие большую роль в энергетическом и пластическом обмене, в создании защитных механизмов. Уровень этих веществ в крови зависит от биологических особенностей рыб и абиотических факторов, а подвижность состава крови позволяет использовать ее показатели для оценки физиологического состояния[2, 8]. Поскольку организм является целостной системой, его физиолого-биохимические особенности не могут не оказать влияние на итоговый результат выращивания рыбы. Норма биологических

показателей с возрастом меняется, зависит от погоды, сезона, особенностей технологического процесса[1, 9]. Следовательно, необходимо проводить постоянный мониторинг физиологического состояния, рассматривать полученные результаты во временной динамике и во взаимосвязи с другими рыбоводно-биологическими показателями.

Материал и методика. Работы по формированию коллекционного генофонда пород и линий карпа белорусской и зарубежной селекции проводили на базе селекционно-племенного хозяйства «Изобелино» Молодечненского района Минской области. Коллекционный генофонд СПУ «Изобелино» включает ремонтно-маточное стадо амурского сазана ханкайской популяции, сформированное в условиях Беларуси [6]. Кроме сазана из белорусской популяции девятого поколения, выращено потомство помесного происхождения, полученного в результате оплодотворения икры самок из белорусской популяции криоконсервированными молоками амурского сазана, завезенными из России (ВНИИПХ). У сазана из белорусской популяции и опытных помесных групп исследовали физиолого-биохимические показатели.

Объектами исследований являлись сеголетки и годовики сазана и карпа белорусской и зарубежной селекции, выращенные одновременно в сходных по гидрохимическим условиям прудах с одинаковым режимом кормления и санитарно-профилактических мероприятий, и зимовавших совместно в одном пруду [7].

В сыворотке крови сеголетков и годовиков определяли содержание общего белка, холестерина и глюкозы. Кровь у сеголетков и годовиков отбирали непосредственно из сердца. После отстаивания в холодильнике сыворотку отделяли центрифугированием в течение 15 минут при 3000 оборотов и хранили в замороженном состоянии. Биохимическое исследование сыворотки крови проводили на автоматическом анализаторе «Cormay multi» по методикам, прилагаемым к прибору. Статистическую обработку собранного материала проводили в соответствии с общепринятыми методами [3, 4].

Достоверность отклонений содержания белка, глюкозы, холестерина в сыворотке крови у сеголетков и годовиков, а также разных по происхождению групп определяли с помощью нормированного отклонения (t). При определении достоверности различий использовании критерии значимости: $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$ [3]. Объем выборки для определения концентрации общего белка в сыворотке крови составляет по 10 экз. сеголетков и годовиков каждого происхождения.

Обсуждение результатов исследований

Содержание белка в сыворотке крови амурского сазана в среднем составило 17,72 г/л, с колебаниями от 15,92 г/л у первой опытной группы до 19,36 г/л у сазана из белорусской популяции (III) (таблица 1). Статистически значимые

отклонения установлены при сравнении содержания общего белка сыворотки крови у сазана из белорусской популяции (III) с первой опытной помесной группой сазана (I) (таблица 2). Средний уровень содержания общего белка крови у сеголетков сазана оказался выше, чем у коллекционных пород карпа зарубежной селекции, но ниже, чем у белорусских пород карпа, выращенных в одинаковых условиях (17,72 против 17,10 и 18,83 г/л). Сравнение с породами белорусской селекции статистически достоверно.

Таблица 1 – Содержание общего белка в сыворотке крови сеголетков (0+) и годовиков (1.) опытных помесных групп сазана и карпа разной породной принадлежности (г/л)

Породная принадлежность	0+		1.		d		Достоверность различий	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	г/л	%	t	P
Сазан: I (молоки из России)	15,92±0,52	10,3	13,41±1,23	29,0	2,51	15,8	1,87	<0,1
Сазан II (молоки из России)	17,87±1,01	17,8	12,77±0,96	23,7	5,10	28,8	3,65	<0,01
Сазан III (белорусский F_9)	19,36±1,47	24,0	16,28±1,34	26,0	3,08	15,9	1,54	>0,1
$\bar{x}$ сазан	17,72±0,56	17,4	14,15±0,68	26,2	3,57	20,1	4,05	<0,01
$\bar{x}$ зарубежные породы карпа	17,10±0,37	11,8	15,50±0,75	26,6	1,60	9,4	1,91	<0,1
$\bar{x}$ породы карпа белорусской селекции	18,83±0,43	10,3	13,30±0,46	15,4	5,53	29,4	8,78	<0,001

За зимний период наблюдается снижение количества белка в сыворотке крови. Из опытных групп сазана максимальным уровнем содержания белка характеризовался сазан из белорусской популяции – 19,36 г/л (опытная группа III), минимальным – 12,77 г/л (II). Однако из-за высокой вариабельности рассмотренного показателя установленные отклонения опытных помесей от сазана из белорусской популяции статистически не достоверны. Среднее содержание общего белка в сыворотке крови годовиков сазана составило 14,15 г/л, что выше, чем у пород карпа белорусской селекции (13,30 г/л), но ниже, чем у коллекционных пород карпа зарубежной селекции (15,50 г/л), зимовавших совместно с сазаном. Отклонения средних величин разных по происхождению групп статистически не достоверны. Судя по результатам исследования содержания общего белка в сыворотке крови сеголетков разного происхождения, данный показатель характеризуется в основном средней степенью изменчивости с коэффициентом вариации 10-20 %, годовиков в основном сильной степенью изменчивости с коэффициентами вариации (20 – 40 %) [9].

Таблица 2 – Оценка статистических различий опытных групп сазана по физиолого-биохимическим показателям

Сравниваемые группы	0+		1.	
	t	P	t	P
Содержание протеина				
сазан (белорусский III) - сазан (I)	2,20	≈0,05	1,58	>0,1
сазан (белорусский III) - сазан (II)	0,84	>0,1	1,74	>0,1
$\bar{x}$ сазан - $\bar{x}$ импортные породы карпа F_5	0,92	>0,1	1,34	>0,1
$\bar{x}$ сазан - $\bar{x}$ породы карпа белорусской селекции	17,01	<0,001	1,04	>0,1
Содержание глюкозы				
сазан (белорусский III) - сазан (I)	9,48	<0,001	3,56	<0,01
сазан (белорусский III) - сазан (II)	1,04	>0,1	2,69	<0,05
$\bar{x}$ сазан - $\bar{x}$ импортные породы F_5	1,11	>0,1	5,07	<0,001
$\bar{x}$ сазан - $\bar{x}$ линии белорусской селекции	7,46	<0,001	5,66	<0,001
Содержание холестерина				
сазан (белорусский III) - сазан (I)	5,50	<0,001	1,01	>0,1
сазан (белорусский III) - сазан (II)	5,88	<0,001	3,69	<0,01
$\bar{x}$ сазан - $\bar{x}$ импортные породы F_5	0,73	>0,1	5,89	<0,001
$\bar{x}$ сазан - $\bar{x}$ линии белорусской селекции	0,46	>0,1	0,79	>0,1

Отклонение содержания общего белка в сыворотке крови у годовиков по сравнению с сеголетками, у сазана в среднем составило 3,57 г/л или 20,1 % и оказалось промежуточным по сравнению с карпом белорусской и зарубежной селекции. Из опытных групп сазана минимальное значение снижения содержания общего белка в сыворотке крови у годовиков отмечено в первой опытной группе (2,51 г/л или 15,8 %). Установленные отклонения этой группы и сазана из белорусской популяции (III) статистически не достоверны. Максимальным статистически значимым отклонением характеризовалась опытная помесь II (5,10 г/л или 28,0 %).

Содержание глюкозы в сыворотке крови сеголетков опытных групп сазана колебалось в очень широких пределах от 6,02 (II) до 22,65 (I) ммоль/л (таблица 3). Статистически значимое отклонение между первой опытной группой сазана и сазаном из белорусской популяции статистически достоверно. Средний уровень этого показателя у сазана составил 11,83 ммоль/л, то есть несколько ниже, чем у коллекционных зарубежных пород (13,32 ммоль/л), но выше, чем у линий белорусской селекции (7,87 ммоль/л), зимовавших совместно. Отклонение от белорусских линий статистически достоверно.

Таблица 3 – Содержание глюкозы в сыворотке крови сеголетков (0+) и годовиков (1.) опытных помесных групп сазана и карпа разной породной принадлежности (ммоль/л)

Породная принадлежность	0+		1.		d		Достоверность различий	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	г/л	%	t	P
Сазан: I (молоки из России)	22,65±1,56	21,7	22,26±2,38	33,7	0,39	1,7	0,13	<0,1
сазан II (молоки из России)	6,02±0,49	25,7	19,18±2,04	33,6	13,16	218,6	6,27	<0,001
сазан III (белорусский)	6,82±0,59	27,6	12,57±1,32	33,2	5,75	84,9	3,97	<0,01
$\bar{x}$ сазан	11,83±1,08	25,0	18,00±1,10	33,5	6,17	52,1	4,00	<0,001
$\bar{x}$ зарубежные породы	13,32±0,73	30,2	11,46±0,62	29,8	1,86	14,0	1,94	<0,1
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	7,87±0,34	19,4	11,09±0,54	21,7	3,22	40,9	5,04	<0,001

Из трех опытных групп амурского сазана повышенное содержание глюкозы установлено в первом варианте скрещивания с завезенными молоками, причем как для сеголетков, так и для годовиков (22,65 и 22,26 мг/л). Пониженным содержанием глюкозы в сыворотке крови годовиков опытных групп сазана отличался сазан из белорусской популяции (12,57 ммоль/л). Установленные отклонения статистически достоверны. Средний уровень содержания глюкозы у сазана оказался статистически достоверно выше, чем у коллекционных пород зарубежной (11,46 ммоль/л) и белорусской (11,09 ммоль/л) селекции. Минимальным отклонением содержания глюкозы в сыворотке крови годовиков по сравнению с сеголетками опытных групп сазана отличалась опытная группа I (0,39 ммоль/л или 1,7 %), максимальное отклонение установлено для помесной группы II (13,16 ммоль/л или 218,6 %). Отклонения этого показателя опытных групп II и III статистически достоверны.

Величины содержания глюкозы в сыворотке крови сеголетков и годовиков характеризуются сильной степенью изменчивости, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициентов вариации (20-40 %).

Содержание холестерина у сеголетков амурского сазана составило 6,77 ммоль/л, что выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции (6,52 ммоль/л), но ниже, чем у коллекционных белорусских линий карпа 6,93 ммоль/л, (таблица 4). Однако отклонения между средними величинами содержания холестерина статистически не достоверны.

Таблица 4 – Содержание холестерина в сыворотке крови сеголетков (0+) и годовиков (1.) опытных помесных групп сазана и карпа разной породной принадлежности (ммоль/л)

Породная принадлежность	0+		1.		d		Достоверность различий	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	г/л	%	t	P
Сазан: I (молоки из России)	7,25±0,48	20,9	4,56±0,40	27,9	2,69	37,1	4,30	<0,01
сазан II (молоки из России)	8,68±0,70	25,6	3,31±0,17	16,3	5,37	61,9	7,45	<0,001
$\bar{x}$ сазан III (белорусский)	4,39±0,20	14,4	5,19±0,48	26,2	0,80	18,2	1,53	>0,1
$\bar{x}$ сазан	6,77±0,25	20,3	4,35±0,17	23,5	2,42	35,7	8,00	<0,001
$\bar{x}$ зарубежные породы	6,52±0,27	24,1	3,09±0,13	23,5	3,43	52,6	11,44	<0,001
$\bar{x}$ линии белорусской селекции	6,93±0,24	15,6	4,22±0,21	21,9	2,71	39,1	8,49	<0,001

Заметные колебания этого показателя отмечены у сеголетков опытных групп сазана от 4,39 мг/л (белорусская популяция (III) до 8,68 мг/л (опытная помесь II). Отклонения опытных помесей сазана (в сторону увеличения показателя) от сеголетков из белорусской популяции статистически достоверны. У годовиков закономерно происходит снижение запаса жира по сравнению с сеголетками. У годовиков опытных групп сазана содержание холестерина в сыворотке крови составило 4,35 ммоль/л. Разница данного показателя у годовиков по сравнению с сеголетками сазана колеблется в широких пределах от 0,80 мг/л до 5,37 мг/л или от 18,2 до 61,9 % соответственно. Установленные различия в основном статистически высоко достоверны, за исключением сазана из третьей опытной группы (белорусская популяция). Группы сазана разного происхождения значительно отличаются друг от друга по расходу холестерина в процессе зимовки. У годовиков сазана из белорусской популяции содержание холестерина оказалась даже выше, чем у сеголетков (18,2 %). У групп, полученных с использованием завезенных молок, снижение этого показателя составило 31,1 и 61,9 %. Для опытных помесных групп I и II установленные различия между годовиками и сеголетками статистически достоверны, а для белорусской популяции не достоверны.

Очевидно, судя по изменению состава сыворотки крови (по содержанию общего белка, холестерина, глюкозы) за период зимовки опытная помесь сазана I, полученная с использованием завезенных криоконсервированных молок отличалась пониженным уровнем расхода органических веществ сыворотки крови по сравнению со второй опытной группой и сазаном из белорусской популяции (рисунок 1).

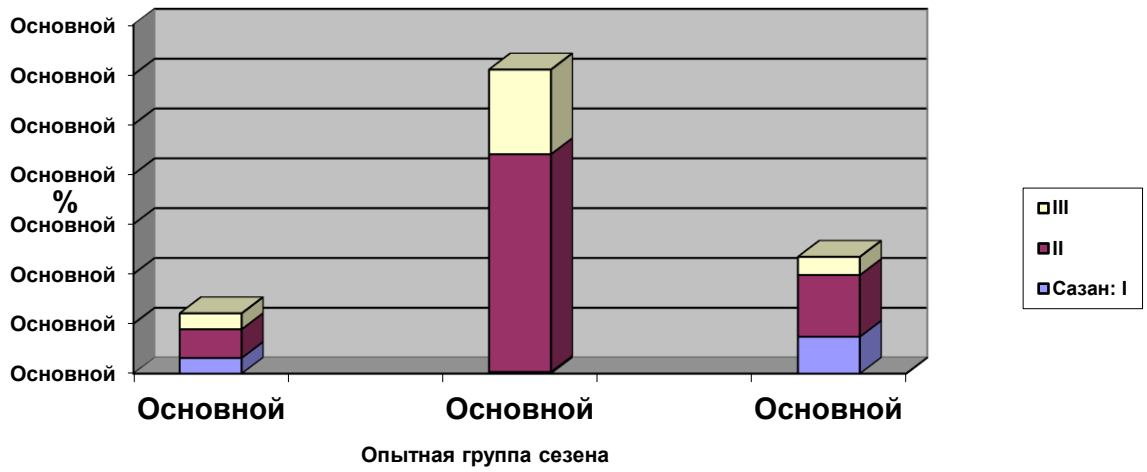


Рисунок 1 - Отклонения содержания общего белка, глюкозы, холестерина в сыворотке крови у годовиков опытных групп сазана по сравнению с сеголетками (1 - общего белка, 2 – глюкозы, 3 - холестерина).

Средние показатели расхода за зимовку органических веществ у опытных групп сазана оказались близкими по величине к коллекционным породам карпа белорусской селекции. В целом оказались выше, чем у адаптированных пород зарубежной селекции, входящих в состав коллекционного стада карпа СПУ «Изобелино» (рисунок 2).

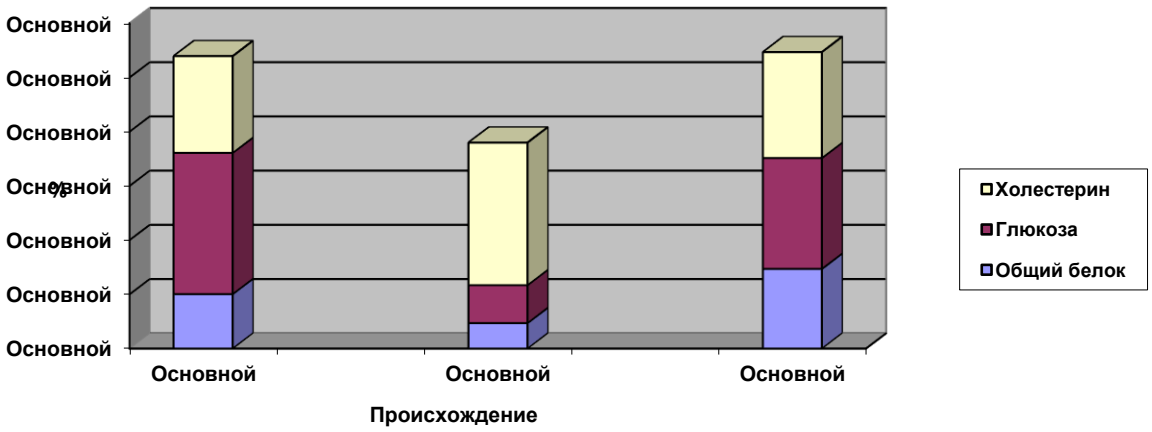


Рисунок 2 - Отклонения средних показателей содержания общего белка, глюкозы, холестерина в сыворотке крови у годовиков по сравнению с сеголетками опытных групп сазана и карпа белорусской и зарубежной селекции (1 - сазан, 2 – коллекционные породы зарубежной селекции, 3 – белорусские породы карпа).

Выводы

1. У сазана из коллекционной белорусской популяции установлена тенденция к увеличению содержания общего протеина в сыворотке крови, по сравнению с опытными помесями сазана, полученных с использованием завезенных криоконсервированных молок, и карпом разных пород, выращенным и зимовавшим в одинаковых условиях.

2. Повышенным содержанием глюкозы в сыворотке крови сеголетков и годовиков характеризовалась опытная помесь сазана I, полученная с использованием завезенных криоконсервированных молок по сравнению со второй группой и сазаном из белорусской популяции, а также средним уровнем данного показателя у коллекционных пород карпа белорусской и зарубежной селекции.

3. Повышенным содержанием холестерина в сыворотке крови сеголетков характеризовались помесные группы сазана, а у годовиков первая группа сазана.

4. За период зимовки опытная помесь сазана I, полученная с использованием завезенных криоконсервированных молок отличалась пониженным уровнем расхода органических веществ сыворотки крови по сравнению со второй опытной группой и сазаном из белорусской популяции.

5. Отклонение средних показателей содержания общего белка, глюкозы, холестерина у годовиков по сравнению с сеголетками опытных групп сазана оказались близкими по величине к породам карпа белорусской селекции и выше, чем у адаптированных пород зарубежной селекции, входящих в состав коллекционного стада карпа.

Список использованных источников

1. Дударенко, Л.С. Биохимическое исследование сыворотки крови изобелинского карпа / Л.С. Дударенко // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. Сб. науч. тр. – Вып.18. – Минск, 2002. – С. 122-125.

2. Лиманский В.В. Инструкция по физиолого-биохимическим анализам рыбы /В.В. Лиманский. – М.,1984.

3. Мастицкий, С.Э. Методическое пособие по использованию программы STATISTIKA при обработке данных биологических исследований / С.Э. Мастицкий.- Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства», 2009. – 76с.

4. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. /П.Ф. Рокицкий –Мн. «Вышэйшая школа», 1973. – С.24-53.

5. Слуцкий, Е.С. Фенотипическая изменчивость рыб (селекционный аспект) / Е.С. Слуцкий //Изв. Гос НИОРХ. – 1978. – т. 134 – С. 3 – 132.

6. Чутаева, А.И. Рыбоводно-биологические и биохимико-генетические особенности карпов, разводимых в Республике Беларусь / А.И. Чутаева, Г.А. Прохорчик, Н.Н. Башунова, Е.В. Таразевич, А.П. Семенов, М.В. Книга, И.В.

Чимбур, Р.З. Екельчик, Л.С. Дударенко, Л.М. Вашкевич, А.П. Ус // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. Сб. науч. тр. - Вып. 15. – Минск, 1997. – С. 11-33.

7. Чутаева, А.И. Рыбохозяйственная характеристика внутрипородных помесей белорусского карпа и его гибридов с амурским сазаном / А.И. Чутаева, М.В. Книга // Тезисы докладов XXI научной конференции по изучению и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии. - Псков, сентябрь, 1983. - т.2. – С. 164- 167.

8. Яржомбек, А.А. Справочник по физиологии рыб / А.А. Яржомбек, В.В. Лиманский, Т.В. Щербина и др. // М. – Агорпромиздат. – 1986. – 192 с.

9. Terao T. Nutritional Constituents in Musele and Biochemical Components in Blood of Carp, in Winter Season.- Sei. Repts. Hokkaido Fish Hatehery.-1978, N 33, C. 21-26.

УДК 574.583

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРУДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПОД ВЫРАЩИВАНИЕ СЕГОЛЕТКОВ ЩУКИ

Сенникова В.Д., Сергеев А.В.

РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», e-mail: belniirh@tut.by

HYDROBIOLOGICAL REGIME OF PONDS USED FOR CULTIVATION OF PIKE UNDERYEARLINGS

Sennikova V.D., Sergeev A.V.

Резюме. *В экспериментальных прудах, где выращивали подрощенную личинку щуки, в отличие от фитопланктонного сообщества, используемые остатки от производства гуминовых удобрений (600 кг/га) оказывали заметное стимулирующее воздействие на зоопланктонное сообщество, о чем свидетельствует более высокая численность и биомасса зоопланктонных организмов по сравнению с контролем. Средняя биомасса зоопланктона в контроле составила 8,183 мг/л, а в эксперименте –24,64 мг/л. Основу средней общей биомассы зоопланктона образовывали благоприятные в кормовом отношении ветвистоусые ракообразные, их доля была, соответственно, 65,01 % (контроль) и 75,81 % (эксперимент).*

Ключевые слова: *Щука, сеголетки, фитопланктон, зоопланктон, стимулирование развития, гуминовые удобрения, остатки производства.*

Summary. *In the experimental ponds where the grown pike larva was grown, in contrast to the phytoplankton community, the residues used from the production of humic fertilizers (600 kg / ha) had a noticeable stimulating effect on the zooplankton community, as evidenced by the higher abundance and biomass of zooplankton organisms compared to the control. The average biomass of zooplankton in the control was 8.183 mg / l, and in the experiment - 24.64 mg / l. The basis of the average total biomass of zooplankton was formed by Cladocera, favorable for food, their share was, respectively, 65.01% (control) and 75.81% (experiment).*

Key words: *Pike, underyearlings, phytoplankton, zooplankton, development stimulation, humic fertilizers, production residues.*

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на базе ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» в специально подготовленных зимовальных прудах. Зарыбление прудов личинкой щуки было осуществлено в конце 2 декады апреля, при этом контрольный и экспериментальный варианты отличались используемыми мелиоративными

приёмами (в экспериментальные пруды дополнительно вносился остаток от производства гидрогуматов), а также качеством использованного посадочного материала (подрощенная и неподрощенная личинка щуки), плотность посадки в обоих случаях составляла 2 тыс. экз./га. Контрольный вариант был зарыблен вставшей на плав личинкой щуки из нерестовых прудов, опытный - личинкой из той же партии, подрощенной в цехе ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» на протяжении 5 суток с использованием продукции вермикультуры. На момент завершения подращивания линейные размеры личинки достигли 22±3 мм. В дальнейшем пруды были зарыблены годовиком карпа массой 25-30 г из расчёта 1000 экз./га. Также в пруды в 1 декаде мая помещены производители карася (20 кг/га), в 3 декаде мая – личинка карпа (4 тыс. экз./га).

Сбор и обработку гидробиологического материала осуществляли на экспериментальных и нагульных прудах ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» 2 раза в месяц по общепринятым в гидробиологии методикам [1,3,4].

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования гидробиологического режима экспериментальных и контрольных прудов показали, что использованный комплекс оптимизированных к процессу выращивания щуки мелиоративных приёмов, видовой и количественный состав поликультуры на последующих этапах выращивания рыбы не оказывал стимулирующего воздействия на развитие фитопланктонного сообщества.

За исследованный период в фитопланктоне обнаружено 38 таксонов водорослей планктона: зеленые – 25 таксонов; сине-зеленые – 7; диатомовые – 4; пирофитовые – 1; эвгленовые – 1. В июне в прудах встречалось 13-18 таксонов водорослей, а в июле видовой состав фитопланктона увеличился до 24-28 таксонов. В группу доминант входили представители зеленых протококковых водорослей –Scenedesmus obliguus, Oocystis borgei, Oocystis lacustris и сине-зеленых водорослей –Microcystis aeruginosa.

Уровень количественного развития планктонных водорослей был не высоким как в экспериментальных, так и в контрольных прудах. Средняя численность клеток планктонных водорослей в прудах составила 5656,14 тыс. кл./л и 7015,38 тыс. кл./л, средняя численность организмов фитопланктона находилась на уровне 1109,39 тыс. экз./л и 953,13 тыс. экз./л (таблица 1,2). Средняя за сезон биомасса фитопланктона составила 2,84 мг/л и 5,33 мг/л, соответственно. В экспериментальных прудах основу фитопланктонного сообщества формировали сине-зеленые водоросли, образуя 72,18 % средней биомассы, в контрольных прудах - зеленые водоросли, 80,68 % средней биомассы.

Таблица 1 – Средние показатели количественного развития фитопланктона в контрольных прудах, ОАО «Опытный рыбхоз «Белое», 2020 г.

Отдел водорослей	Nкл. тыс. кл./л	Nорг. тыс. экз./л	В, мг/л	Nкл.тыс. кл./л, %	Nорг. тыс. экз./л, %	В, %
Зеленые	2984,38	703,13	4,30	52,76	63,38	80,68
Сине-зеленые	2546,75	281,25	0,84	45,03	25,35	15,76
Диатомовые	93,75	93,75	0,09	1,65	8,45	1,70
Пирофитовые	15,63	15,63	0,05	0,28	1,41	0,93
Эвгленовые	15,63	15,63	0,05	0,28	1,41	0,93
Золотистые	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого	5656,14	1109,39	5,33	100,00	100,00	100,00

Примечание: N, орг. – численность организмов; N, кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона

Таблица 2 – Средние показатели количественного развития фитопланктона в экспериментальных прудах, ОАО «Опытный рыбхоз «Белое», 2020 г.

Отдел водорослей	Nкл.,тыс. кл./л	Nорг.,тыс. экз./л	В,мг/л	Nкл.,тыс. кл./л, %	Nорг.,тыс. экз./л, %	В,мг/л, %
Зеленые	593,75	156,25	0,29	8,46	16,9	10,2
Сине-зеленые	6077,88	453,13	2,05	86,63	47,55	72,18
Диатомовые	156,25	156,25	0,16	2,23	16,39	5,63
Пирофитовые	125,00	125,00	0,17	1,78	13,11	5,99
Эвгленовые	31,25	31,25	0,08	0,45	3,28	2,83
Золотистые	31,25	31,25	0,09	0,45	3,28	3,17
Итого	7015,38	953,13	2,84	100,00	100,00	100,00

Примечание: N, орг. – численность организмов; N, кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона.

В начале вегетационного сезона в контрольных прудах уровень развития фитопланктонного сообщества при выращивании щуки был не высоким, численность организмов фитопланктона составила 656,25 тыс. экз./л, численность клеток фитопланктона - 1906,00 тыс. кл./л, общая биомасса - 2,00 мг/л (контроль, таблица 3). Структуру фитопланктона в равной степени формировали зеленые (47,00 % биомассы) и сине-зеленые (39,50 %) водоросли.

Таблица 3 – Средние показатели количественного развития фитопланктона в контрольных прудах, ОАО «Опытный рыбхоз «Белое», июнь,2020 г.

Отдел водорослей	Nкл. тыс. кл./л	Nорг. тыс. экз./л	В, мг/л	Nкл.тыс. кл./л %	Nорг. тыс. экз./л %	В, мг/л %
Зеленые	812,50	406,25	0,94	42,63	61,90	47,00
Сине-зеленые	937,50	93,75	0,79	49,18	14,29	39,50
Диатомовые	93,75	93,75	0,09	4,91	14,29	4,50
Пирофитовые	31,25	31,25	0,09	1,64	4,76	4,50
Эвгленовые	31,25	31,25	0,09	1,64	4,76	4,50
Золотистые	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого	1906,00	656,25	2,00	100,00	100,00	100,00

Примечание: N, орг. – численность организмов; N, кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона.

В июле количество организмов фитопланктона возросло в 2,4 раза, клеток – в 4,9 раза и составило, соответственно, 1562,50 тыс. экз./л и 9406,25 тыс. кл./л (контроль, таблица 4). Общая биомасса водорослевого планктона увеличилась в 4,3 раза (8,63 мг/л), но уровень развития водорослей планктона, по-прежнему, был ниже оптимальных концентрации для рыбоводных прудов (30 мг/л).

Таблица 4 – Средние показатели количественного развития фитопланктона в контрольных прудах, ОАО «Опытный рыбхоз «Белое», июль, 2020 г.

Отдел водорослей	Nкл.тыс. кл./л	Nорг. тыс. экз./л	В, мг/л	Nкл. тыс. кл./л %	Nорг. тыс. экз./л	В, мг/л %
Зеленые	5156,25	1000,00	7,65	54,82	64,00	88,64
Сине-зеленые	4156,25	468,75	0,89	44,19	30,00	10,32
Диатомовые	93,75	93,75	0,09	0,99	6,00	1,04
Пирофитовые	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Эвгленовые	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Золотистые	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого	9406,25	1562,50	8,63	100,00	100,00	100,00

Примечание: N,орг. – численность организмов; N,кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона.

В фитопланктоне прудов доминировали высокопродуктивные зеленые протококковые водоросли, формируя 88,64 % общей биомассы.

В экспериментальных прудах в начале сезона выращивания рыбы фитопланктон также был развит слабо, биомасса находилась на уровне 0,9 мг/л, общая численность организмов планктонных водорослей составила 500,0 тыс. экз./л, клеток - 1718,75 тыс. кл./л (таблица 5). Основу численности организмов фитопланктона в июне в них составляли диатомовые водоросли – 50,0 %;

биомассы – диатомовые (27,78 %), зеленые (23,33%) и пирофитовые (24,44 %) водоросли.

Таблица 5 – Средние показатели количественного развития фитопланктона в экспериментальных прудах, ОАО «Опытный рыбхоз «Белое», июнь, 2020г.

Отдел водорослей	Nкл. тыс. кл./л	Nорг. тыс. экз./л	В, мг/л	Nкл. тыс. кл./л %	Nорг. тыс.экз./л %	В, мг/л %
Зеленые	156,25	62,5	0,21	9,09	12,5	23,33
Сине-зеленые	1218,75	93,75	0,16	70,90	18,75	17,78
Диатомовые	250,00	250,00	0,25	14,55	50,00	27,78
Пирофитовые	62,50	62,50	0,22	3,64	12,50	24,44
Эвгленовые	31,25	31,25	0,06	1,82	6,25	6,67
Золотистые	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого	1718,75	500,00	0,90	100,00	100,00	100,00

Примечание: N,орг. – численность организмов; N,кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона.

К середине июля уровень развития фитопланктона в экспериментальных прудах несколько вырос, общая численность организмов составила 1406,25 тыс. экз./л, а численность клеток возросла в 7,2 раза и достигла 12312,00 тыс. кл./л, что было обусловлено сменой доминанты на колониальные сине-зеленые водоросли рода Microcystis, которые, как известно из литературы, зоопланктон способен дробить и использовать в пищу (таблица 6**)** [2,5]**.** По биомассе, которая составила 4,75 мг/л, также преобладали сине-зеленые (82,95 %) водоросли. Пресс со стороны зоопланктона на фитопланктон в этих прудах был заметно более высоким (средняя за сезон биомасса зоопланктона составила 24,64 мг/л при доле фильтраторов 75,81%), что в том числе, объясняет не высокие остаточные биомассы фитопланктона.

Таблица 6 – Средние показатели количественного развития фитопланктона в экспериментальных прудах, ОАО «Опытный рыбхоз «Белое» июль 2020г.

Отдел водорослей	Nкл. тыс. кл./л	Nорг. тыс. экз./л	В, мг/л	Nкл тыс. кл./л %	Nорг. тыс. экз./л %	В, мг/л %
Зеленые	1031,25	250,00	0,37	8,38	17,78	7,79
Сине-зеленые	10937,00	812,50	3,94	88,83	57,78	82,95
Диатомовые	62,5	62,50	0,06	0,51	4,45	1,26
Пирофитовые	187,50	187,50	0,11	1,52	13,33	2,32
Эвгленовые	31,25	31,25	0,09	0,25	2,22	1,89
Золотистые	62,50	62,50	0,18	0,51	4,44	3,79
Итого	12312,00	1406,25	4,75	100,0	100,0	100,00

Примечание: N,орг. – численность организмов; N,кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона.

Таким образом, в прудах, используемых под выращивание сеголетков щуки, в июне-июле 2020 г. уровень количественного развития планктонных водорослей был не высоким, что, вероятно, связано, в том числе и с прессом на фитопланктонное сообщество со стороны организмов зоопланктона,
которые в них были хорошо развиты. В экспериментальных прудах основу биомассы фитопланктона формировали колониальные сине-зеленые водоросли (род Microcystis), которые в раздробленном виде хорошо потребляются организмами зоопланктона. Они образовывали 72,18 % средней биомассы планктонных водорослей. В начале сезона доля зеленых водорослей в структуре фитопланктона данных прудов тоже была существенной, достигая 23,33 % биомассы, диатомовые формировали 27,78 % биомассы, сине-зеленые - 17,78 %.

В тоже время зоопланктон в экспериментальных прудах, где выращивались подрощенные сеголетки щуки, был хорошо развит в количественном и качественном отношении, что свидетельствует о положительном воздействии на него примененного комплекса мелиоративных приёмов. Наряду с фитопланктоном в спектр питания зоопланктона входит бактериопланктон, а, как известно из литературы, гуматы способствуют росту численности бактериопланктона, что, вероятно, имело место в опытных прудах [6].

Зоопланктон был представлен тремя группами организмов: ветвистоусыми раками - 7 таксонов, веслоногими раками – 1 таксон, коловратками - 1 таксон (таблица 7). Доминирующий комплекс видов в изученных водоемах сформировали представители рода Daphnia, Polyphemus pediculus, Cyclops sp., Keratella quadrata.

Таблица 7 – Видовой состав зоопланктона прудов при выращивании сеголетков щуки, ОАО «Опытный рыбхоз «Белое», 2020 г.

№ п/п	Отряд, класс, род, вид	Пруды	
		контрольные	экспериментальные
	Cladocera		
1.	Daphnia cuculata Sars	+	+
2.	Daphnia longispina Sars	+	-
3.	Daphnia magna Sars	-	+
4.	Polyphemus pediculus	+	+
5	Leptodora kindtii	+	+
6.	Sida crystallyna	+	-
7.	Bosmina sp.	+	-
	Copepoda		
1.	Cyclops sp.	+	+
	Rotifera		
1.	Keratella quadrata	+	+

Средняя биомасса зоопланктона в контроле составила 8,183 мг/л, а в опыте –24,64 мг/л (таблица 8).

Таблица 8 – Средняя биомасса зоопланктона в прудах при выращивании сеголетков щуки, рыбхоз «Белое», 2020 г.

Пруды	Класс, отряд	Биомасса	
		мг/л	% от общей
Контрольные	Copepoda	2,85	34,83
	Cladocera	5,32	65,01
	Rotifera	0,013	0,16
	Итого	8,183	100,00
Экспериментальные	Copepoda	5,93	24,07
	Cladocera	18,68	75,81
	Rotifera	0,03	0,12
Итого		24,64	100,00

Основу средней общей биомассы зоопланктона образовывали благоприятные в кормовом отношении ветвистоусые ракообразные, их доля составила, соответственно, 65,01 % и 75,81 %.

Общая биомасса зоопланктона в контроле и эксперименте в начале сезона в июне составляла 5,325 мг/л и 16,107 мг/л в среднем, а в июле за счет активной вегетации представителей из рода Daphnia и Cyclops уровень развития зоопланктона увеличился в 2,1 раза и биомасса достигла 11,03 мг/л (контроль) и 33,18 мг/л (эксперимент) в среднем (таблица 9).

Биомасса благоприятных в кормовом отношении ветвистоусых ракообразных возросла с 3,92 мг/л до 6,71 мг/л в среднем (контроль) и с 12,062 до 25,30 мг/л в среднем (эксперимент).

Таблица 9 – Средняя биомасса зоопланктона в прудах при выращивании сеголетков щуки, июнь-июль, рыбхоз “Белое”, 2020 г.

Пруды	Класс	Период отбора проб			
		июнь		июль	
		мг/л	% от общей	мг/л	% от общей
Контрольные	Copepoda	1,38	25,92	4,32	39,17
	Cladocera	3,92	73,62	6,71	60,83
	Rotifera	0,025	0,46	0,00	0,00
	Итого	5,325	100,00	11,03	100,00
Экспериментальные	Copepoda	4,025	24,99	7,84	23,63
	Cladocera	12,062	74,89	25,3	76,25
	Rotifera	0,02	0,12	0,04	0,12
	Итого	16,107	100,00	33,18	100,00

Общая численность организмов зоопланктона в контроле колебалась от 27 тыс.экз./м^3 до 60 тыс.экз./м^3 и составляла в среднем за период наблюдения 43,5 тыс.экз./м^3. В эксперименте этот показатель находился в пределах 129-224 тыс. экз./м^3. и составил в среднем 176,5 тыс. экз./м^3. Максимальная численность зоопланктонных организмов наблюдалась в середине июля и составила 224 тыс. экз./м^3 (эксперимент).

Таким образом, зоопланктон в прудах, где выращивались сеголетки щуки, был хорошо развит как в количественном, так и в качественном отношении, но отличался по своему развитию в экспериментальных и контрольных прудах. В экспериментальных прудах, где выращивали подрощенную личинку щуки, заметное стимулирующее воздействие на сообщество зоопланктона оказывали используемые остатки от производства гуминовых удобрений (600 кг/га), о чем свидетельствует более высокая численность и биомасса зоопланктонных организмов по сравнению с контролем. Средняя биомасса зоопланктона составила 24,64 мг/л в экспериментальных прудах и 8,18 мг/л в контрольных. Основу средней общей биомассы зоопланктона образовывали благоприятные в кормовом отношении ветвистоусые ракообразные, их доля была, соответственно, 65,01 % в контрольных прудах и 75,81 % в экспериментальных.

Список использованных источников

1. Киселев, И.А. Методы исследования планктона / И.А. Киселев // Жизнь пресных вод. – 1956. – № 4, Ч.1. – 163 с.

2. Крючкова, Н.М. Роль фильтраторов зоопланктона в трофодинамике пресных вод: Автореферат докторской диссертации на соиск. ст. доктора биол. наук ,1983.-20с.

3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Ленинград, 1984. – 52 с.

4. Романенко, В.И. Экология микроорганизмов пресных вод / В.И. Романенко, С. И. Кузнецов. – Москва: Наука, 1974. – 194 с.

5. Сущеня, Л.М. Количественные исследования трофических взаимоотношений зоо- и фитопланктона: Автореферат кандидатской диссертации на соиск. ст. кандидата биол. наук,1958а.-16с.

6. Щур, Л.А. Влияние минеральной взвеси на функциональные характеристики бактериопланктона и деструкцию лабильного органического вещества / Л.А. Щур, А.Д. Апонасенко, В.Н. Лопатин, Г.В. Макаревская // - Москва: Наука, Ж.Микробиология, т.23, №1.-2004.- С. 99-104.

УДК 574.52

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ ПРУДОВ, ПИТАЕМЫХ ВОДАМИ СБРОСНЫХ КАНАЛОВ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

Сенникова В.Д., Сергеев А.В., Сакович Ю.И., Хомич А.С.

РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», e-mail: belniirh@tut.by

FUNCTIONING OF HYDROBIOCENOSES OF PONDS SUPPLIED BY WATER DISCHARGE CHANNELS OF BEREZOVSKAYA STATE DISTRICT POWER STATION

Sennikova V.D., Sergeev A.V., Sakovich Yu.I., Khomich A.S.

Резюме: *В прудах, снабжаемых сбросными водами ГРЭС, средний уровень развития планктонных водорослей находился в пределах 44, 58 мг/л. Основу структуры водорослевого планктонного сообщества до августа формировали крупные формы десмидиевых водорослей, составляя 92,0 % общей биомассы, в дальнейшем в фитопланктоне преобладали одноклеточные диатомовые водоросли рода Cyclotella. Уровень развития зоопланктона был не высоким (средняя за сезон биомасса 1,63 мг/л) при доминировании веслоногих ракообразных (74,85 средней биомассы), что, вероятно, было обусловлено как водоисточником, так и развитием в фитопланктоне крупных форм зеленых десмидиевых водорослей плохо потребляемых фильтраторами зоопланктона.*

Ключевые слова: *Выращивание, сеголетки, тепловодные пруды, условия выращивания, фитопланктон, зоопланктон.*

Summary. *In the ponds supplied with waste water from the state district power station, the average level of development of planktonic algae was in the range of 44, 58 mg / l. The basis of the structure of the algal planktonic community until August was formed by large forms of Desmidiales algae, accounting for 92.0% of the total biomass; later, unicellular diatoms of the genus Cyclotella prevailed in the phytoplankton. The level of development of zooplankton was not high (the average biomass of 1.63 mg / l for the season) with the dominance of Copepoda (74.85 of the average biomass), which was probably due to both the water source and the development of large forms of green Desmidiales algae in phytoplankton poorly consumed by zooplankton filter feeders.*

Key words: *Growing, fingerlings, warm-water ponds, growing conditions, phytoplankton, zooplankton.*

Введение

Основной экологической проблемой водоемов-охладителей гидроэлектростанций, прежде всего, является «тепловое» загрязнение,

вызывающее перестройку всей экосистемы водоема. Первым отзывается на изменения, происходящие в водоеме, фитопланктон. При этом меняется видовой и количественный состав планктонных водорослей, что влечет за собой изменения в последующих звеньях пищевой цепи. Снижение же тепловой нагрузки на водоем связано с новыми изменениями в гидробиоценозе.

Материалы и методы исследований

В сезоне 2020 г. проводили изучение функционирования гидробиоценозов выростных прудов отделения «Белоозерское» ОАО "Опытный рыбхоз "Селец", расположенном в Брестской области Беларуси, питаемых водами сбросных каналов Березовской ГРЭС и используемых под выращивание сеголетков веслоноса, белого и черного амура.

Отбор фитопланктона осуществляли по методике А.И. Киселева [2]. Для концентрации фитопланктона применяли осадочный метод [1]. Подсчет клеток проводился в камере Фукса-Розенталя, биомассу рассчитывали счетно-объемным методом [3]. При определении видового состава пользовались определителями [4-5].

Количественные пробы зоопланктона отбирались путем процеживания 20 л прудовой воды, отобранной из разных точек пруда, через сеть Апштейна (нейлоновое сито №78). Пробы фиксировались 4% раствором формальдегида. При определении видового состава пользовались определителями [6-8]. Для подсчета биомассы зоопланктона использовали таблицы индивидуальных масс организмов [9]. Принимая известную условность в разделении вида зоопланктона по трофическим группам, к хищникам отнесены Polyphemus pediculus, копеподиты IV и V стадий, взрослые циклопы, Asplanchna priodonta.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что гидробиоценоз прудов при выращивании характеризовался не богатым видовым разнообразием фитопланктона. За период наблюдений обнаружено 25 таксонов водорослей: зеленые - 13 таксонов, сине-зеленые - 4, диатомовые - 5, пирофитовые - 2, золотистые - 1 таксон. Доминировали из десмидиевых водорослей представители рода Cosmarium, из протококковых – рода Scenedesmus (Scenedesmus obliguus, Scenedesmus quadricauda), из диатомовых Cyclotella comta, Nitschia acicularis, из сине-зеденых - Oscillatoria agardhii, Aphanisomenon flos - aquae.

Средняя за сезон численность клеток планктонных водорослей выростных прудов составила 51,09 млн. экз./л, численность организмов – 25,37 млн. экз./л, соответственно (таблица 1). Основу среднесезонной численности организмов фитопланктона формировали диатомовые (61,61 %) и зеленые (31,93 %) водоросли, по численности клеток в группу доминант вошли зеленые (40,10 %), диатомовые (32,79 %) и сине-зеленые (26,34 %) водоросли.

Таблица 1 – Среднесезонные показатели количественного развития фитопланктона выростных прудов, отделение «Белоозерское», 2020г.

Отдел водорослей	Nкл. млн. кл./л	Nорг. млн. экз./л	В, мг/л	%		
				от общей численности клеток	от общей численности организмов	от общей биомассы
Зеленые	20,49	8,10	19,73	40,10	31,93	48,62
Сине-зеленые	13,46	1,25	3,46	26,34	4,93	8,53
Диатомовые	16,75	15,63	15,51	32,79	61,61	38,22
Пирофитовые	0,32	0,32	1,82	0,62	1,26	4,48
Золотистые	0,07	0,07	0,06	0,14	0,27	0,15
Итого	51,09	25,37	40,58	100	100	100

Примечание: N,орг. – численность организмов; N, кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона.

Средняя за сезон биомасса фитопланктона составила 40,58 мг/л. Общую среднесезонную биомассу фитопланктона формировали зеленые (48,62 %) и диатомовые (38,22 %) водоросли.

Общий уровень развития планктонных водорослей в выростных прудах до начала августа практически не превышал оптимальных концентраций для рыбоводных прудов (30 мг/л). Средняя биомасса водорослей составила 37,22 мг/л, численность клеток - 33,49 млн. кл. /л, численность организмов – 14,51 млн. экз./л. Основу структуры фитопланктонного сообщества до начала августа формировали зеленые водоросли, составляя 92,0 % общей биомассы, 86,2 % общей численности организмов и 76,1 % общей численности клеток. Однако, из зеленых доминировали крупные формы десмидиевых водорослей, которые не являются предпочтительными для фильтраторов зоопланктона. В сентябре главенствующее положение в экосистеме пруда заняли диатомовые водоросли при доминировании Cyclotella comta . Общая средняя биомасса планктонных водорослей возросла незначительно до 43,89 мг/л, биомасса диатомовых водорослей при этом составила 29,50 мг/л (67,21 % от общей биомассы). Общая численность организмов фитопланктона находилась на уровне 36,25 млн. экз./л при численности диатомовых водорослей 29,75 млн. экз./л (82,07 % от обшей численности).

В водоисточнике данных прудов - сбросном канале Березовской ГРЭС, мощность которой заметно снизилась в связи с введением в эксплуатацию атомной станции, характерного для тепловодных подогреваемых водоемов обильного «цветения» сине-зелеными водорослями не наблюдалось, не смотря на их преобладание в экосистеме водоема. Сине-зеленые водоросли в сбросном канале образовывали 92,45 % общей численности клеток планктонных водорослей, 67,24 % общей численности организмов и 62,27 % общей биомассы (таблица 2).

Таблица 2 – Количественные показатели развития фитопланктона в канале Березовской ГРЭС, первая декада августа 2020г.

Отдел водорослей	Nкл. млн. кл./л	Nорг. млн. экз./л	В, мг/л	%		
				от общей численности клеток	от общей численности организмов	от общей биомассы
Зеленые	4,29	0,90	5,99	5,17	10,24	23,11
Сине-зеленые	76,69	5,91	16,14	92,45	67,24	62,27
Диатомовые	1,62	1,62	2,76	1,95	18,43	10,65
Пирофитовые	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Эвгленовые	0,36	0,36	1,03	0,43	4,09	3,97
Итого	82,96	8,79	25,92	100	100	100

Примечание: N, орг. – численность организмов; N, кл. – численность клеток; В, мг/л – биомасса фитопланктона.

Средняя численность организмов водорослевого планктона в канале составила 8,79 млн. экз./л, биомасса-25,92 мг/л. В образовании общей численности организмов фитопланктона и их биомассы в канале наряду с сине-зелеными водорослями (67,24 % и 62,27 %, соответственно) участвовали зеленые и диатомовые водоросли, образуя, соответственно, 10,24 и 18,43 % численности, 23,11 и 10,65 % биомассы. Сравнивая развитие фитопланктона в пруду и сбросном канале можно констатировать, что последний не играл существенной роли в формировании фитопланктонного сообщества прудов.

В сезоне 2020 г. при выращивании сеголетков веслоноса в поликультуре с двумя видами амуров зоопланктон отличался небольшим числом видов и был представлен тремя группами организмов: ветвистоусыми (5 таксонов), веслоногими (1таксон) раками и коловратками (3 таксона) (таблица 3).

Таблица 3 – Видовой состав зоопланктона в прудах при выращивании сеголетков, отделение «Белоозерское», 2020г.

Отряд, класс	№п/п	Род, вид
Cladocera	1.	Scapholebiris calyciflorus Pallas
	2.	Scapholebiris mucronata O.F. Muller
	3.	Daphnia sp.
	4.	Daphnia cucullata
	5.	Leptodora kindtii
Copepoda	1.	Cyclops Muller sp.
Rotatoria	1.	Asplanchna priodonta Gosse
	2.	Brachionus calyciflorus Pallas
	3.	Keratella quadrata Gosse

С начала и до конца сезона выращивания рыбы уровень развития зоопланктона был невысоким и в зоопланктоне доминировали веслоногие

ракообразные, что, возможно, было обусловлено развитием в фитопланктоне вплоть до первой декады августа крупных форм зеленых десмидиевых водорослей плохо потребляемых фильтраторами зоопланктона и, вероятно, имевшим место прессом со стороны выращиваемых сеголетков рыб (черный амур, белый амур, веслонос), особенно в самом начале сезона. Средняя за сезон биомасса зоопланктона составила 1,63 мг/л при доминировании веслоногих ракообразных, которые формировали 74,85 % общей биомассы, ветвистоусые ракообразные образовывали 24,54 % биомассы зоопланктонных организмов (таблица 4). Средняя за сезон численность зоопланктона также была небольшой - 5,70 тыс. экз./м³ с преобладанием веслоногих раков (81,58 %).

Таблица 4 – Средняя за сезон численность и биомасса зоопланктона в прудах при выращивании сеголетков, отделение «Белоозерское»,2020г.

Отряд, класс	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./м³	% от общей численности	мг/л	% от общей биомассы
Cladocera	0,85	14,90	0,40	24,54
Copepoda	4,65	81,58	1,22	74,85
Rotatoria	0,20	3,52	0,01	0,61
Итого	5,70	100,00	1,63	100,00

Средняя общая биомасса зоопланктона с начала сезона и до первой декады августа составила 1,71 мг/л. Общая средняя численность зоопланктонных организмов находилась на уровне 6,1тыс. экз./м^3. В основе структуры сообщества зоопланктона в этот период находились веслоногие ракообразные представители рода Cyclops Muller sp., образуя 81,9 % средней численности и 58,4 % средней биомассы. При этом доля ветвистоусых ракообразных в общей биомассе зоопланктона была значительной и составляла 40,9 %. Однако к сентябрю ветвистоусых раков практически полностью вытеснили веслоногие, образуя 93,5 % в общей биомассе и 81,2 % в общей численности. Общий уровень развития зоопланктона не изменился, средняя биомасса составила 1,53 мг/л, численность – 5,30 тыс. экз. / м^3.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что при выращивании сеголетков веслоноса в поликультуре с сеголетками белого и черного амура общий уровень развития планктонных водорослей до начала августа практически не превышал оптимальных концентраций (30 мг/л) для рыбоводных прудов при средней биомассе фитопланктона 37,22 мг/л. Основу структуры водорослевого планктонного сообщества формировали зеленые водоросли, составляя 92,0 % общей биомассы при доминировании крупных форм десмидиевых водорослей, которые не являются предпочтительными для

фильтраторов зоопланктона, что, возможно, наряду с другими факторами, объясняет преобладание в экосистеме веслоногих ракообразных. В дальнейшем в фитопланктоне пруда преобладали одноклеточные диатомовые водоросли рода Cyclotella (C. comta), а средняя биомасса планктонных водорослей увеличилась на 5-7 мг/л и была в пределах 44 мг/л, что несколько выше оптимальных для рыбоводных прудов концентраций фитопланктона (30 мг/л). Общий уровень развития зоопланктонных организмов был невысоким. Средняя за сезон биомасса зоопланктона составила 1,63 мг/л при доминировании веслоногих ракообразных, которые формировали 74,85 % общей биомассы.

Список использованных источников

1. Брагинский, Л.П. Размерно-весовая характеристика руководящих форм прудового зоопланктона / Л.П. Брагинский // Вопросы ихтиологии.– 1957.– вып. 9.– с. 188-191
2. Киселев, И.А. Планктон морей и континентальных водоемов / И.А. Киселев // В 2 т.- Л: Наука, 1969.- Т.1.- С.140-400
3. Кутикова, Л.А. Коловратки фауны СССР / Л.А. Кутикова. – Л.: Наука, 1970.– 742 с.
4. Мануйлова, Е.О. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР / Е.О. Мануйлова. – М.: Наука, 1964. – 326 с.
5. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Отв. ред. Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов.– Л., 1977.– 510 с.
6. Эргашев, А.Э. Определитель протококковых водорослей Средней Азии / А.Э. Эргашев. Кн. 1,2. – Ташкент: Изд-во «Фан», 1979. – 343 с.
7. Усачев, П.И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона / П.И. Усачев // Сб. тр. Всесоюзного Гидробиологического о-ва, 1961. – Вып. II.- С.8-15

УДК 639.3

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ РЫБ В РОССИИ – ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Серветник Г.Е.

Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр– ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»

BIOLOGICAL BASES OF ACCLIMATIZATION OF HERBIVOROUS FISH IN RUSSIA-PROMISING OBJECTS FOR INTEGRATION TECHNOLOGIES

Servetnik G.E.

Резюме: *В настоящей статье указывается на то, что растительноядные рыбы (белый и пестрый толстолобики и белый амур) занимают важное значение в объемах производства товарной продукции аквакультуры в нашей стране. Приводится история их рыбохозяйственного освоения, а именно: переселение рыб дальневосточного комплекса за пределы ареала, акклиматизация и доместикация переселенцев, разработка методов искусственного воспроизводства, формирование маточных стад и другие вопросы.*

Ключевые слова: *рыбохозяйственное освоение растительноядных рыб, акклиматизация и доместикация, методы искусственного воспроизводства, формирование маточных стад.*

Summary: *This article points out that herbivorous fish (white and variegated silver carp and white amur) are important in the production of commercial aquaculture products in our country. The history of their fishery development is given, namely: the relocation of fish of the Far Eastern complex outside the range, acclimatization and domestication of migrants, the development of artificial reproduction methods, the formation of breeding herds, and other issues.*

Key words: *fisheries development of herbivorous fish, acclimatization and domestication, methods of artificial reproduction, formation of breeding herds.*

Растительноядные рыбы занимают важное место в объеме товарной продукции. Мысль о необходимости пополнения ихтиофауны европейской части страны дальневосточными фитофагами высказывались еще в начале прошлого века. Но недостаточная изученность их биологии и большие расстояния долгое время не позволяли осуществить эти работы. Многочисленные неудачные попытки акклиматизировать этих рыб в разных странах только усиливали мнение бесперспективности работ по переселению растительноядных рыб за пределы их природного ареала. Аналогичное мнение существовало и в нашей

стране, из-за того, что не была решена главная проблема – получение потомства в искусственных условиях.

В процессе выполнения комплексных научно-производственных работ решалось несколько принципиальных вопросов:

- переселение рыб дальневосточного фаунистического комплекса за пределы ареала обитания;
- акклиматизация и доместикация переселенцев в новых природно-климатических и экологических условиях;
- разработка методов искусственного воспроизводства новых перспективных объектов рыборазведения;
- создание методов целевого конструирования экосистемы водоемов с введением в ее структуру хозяйственно-ценных видов рыб, утилизирующих продукцию на первых звеньях трофической цепи.

Весь период разработки идеи рыбохозяйственного освоения растительноядных рыб дальневосточного фаунистического комплекса условно можно разделить на семь крупных этапов [1]:

I этап – зарождение идеи и первые попытки ее реализации. В этот период появляются данные о ценных свойствах амура и толстолобика, осуществлен первый опыт перевозки толстолобиков с Дальнего Востока в пруды Подмосковья и Курской области. Благодаря этим работам были установлены требования к условиям транспортировки, некоторые черты биологии.

II этап – Амурская экологическая экспедиция, начало освоения. Были изучены разные стороны биологии, размножения и эколого-морфологические закономерности развития, питания и роста рыб в природном ареале. Накоплен ценный опыт отлова и транспортировки молоди рыб из Амура до европейской территории России. Экспедиция заложила основу изучения биологии этих ценных видов рыб. Начато формирование маточных стад в прудовых условиях. Установлено, что в прудах при определенных условиях можно выращивать этих рыб до половозрелого состояния. Из Китая завезены пестрый толстолобик и черный амур и таким образом сформированы четыре объекта дальнейших исследований: белый толстолобик, белый амур, пестрый толстолобик и черный амур [2].

III этап – создание биотехники искусственного разведения. Впервые в 1961 году удалось массово получить потомство амура и толстолобика. В этой связи стало возможным рассматривать вопросы по перспективам использования белого амура и толстолобиков в водоемах разного типа. Получена первая товарная продукция. В эти же сроки появляются два самовоспроизводящихся маточных стада [3].

IV этап – Промышленное освоение рыб дальневосточного комплекса.

Накапливаются ценные данные по особенностям биологии объектов за

пределами естественного ареала, в частности по росту, созреванию и размножению в искусственных условиях. После соответствующих биологических обоснований их стали использовать как объекты промышленного разведения и выращивания с целью повышения рыбопродуктивности прудов, водохранилищ, лиманов, а также для мелиорации водоемов-охладителей, ирригационных и коллекторно-дренажных систем. Важное место занимали работы по изучению влияния белого амура как активного потребителя макрофитов на экосистемы водоемов [4, 5].

V этап – Разработка и реализация КЦП «Амур»

В конце 70-х годов прошлого века стало очевидно, что для дальнейшего крупномасштабного освоения рыб дальневосточного комплекса требуется разработка специальной всесоюзной программы, основанной на программно-целевом принципе планирования.

Центральной задачей КЦП «Амур» стала организация крупномасштабного производства посадочного материала толстолобиков и амуров для прудов и водоемов комплексного назначения, обеспечившая доведение выпуска товарной продукции этих видов в 1985 году до 110 тыс.т, т.е. увеличения его по сравнению с 1980 годом в 3 раза.

В этот период исследования по освоению растительноядных рыб охватывали все ключевые вопросы проблемы: селекционно-генетические исследования и племенную работу; воспроизводство; поликультуру в прудах и водоемах комплексного назначения; вылов рыбы и другие технологические вопросы [6].

VI этап – Создание коллекционных и племенных хозяйств

В Краснодарском крае на базе рыбопитомника «Горячий ключ» было создано коллекционное хозяйство растительноядных рыб. Продолжены работы по доместикации амуров, толстолобиков, по формированию исходных маточных стад, двухлинейному разведению, распространению чистых линий и производных гибридов. Знания различных сторон биологии и экологической специфики рыб позволили разработать рациональную биотехнику их искусственного разведения и экспериментально обоснованные бионормативы [7].

VII этап – Доместикация и создание пород

В конце 50-х-начале 60-х годов работы велись с дикими видам из р.Амур и рек Китая. Эти работы положили начало по длительному процессу одомашнивания. На основании результатов пяти-семи поколений селекции по признакам плодовитости и приспособленности к заводскому способу разведения создано две породы и кросс толстолобиков, а также сформированы ремонтно-маточные стада одомашненных форм белого и черного амуров, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к

использованию. Таким образом, завершен цикл многолетних исследований по доместикации растительноядных рыб, но селекционно-племенная работа с ними, несомненно, должна продолжаться [8].

Список использованных источников

1. Багров А.М. История и современность растительноядных рыб в России / А.М. Багров, А.К. Богерук - М.:ВНИЭРХ, 2005. –Вып.4.–С.28-38.
2. Багров А.М., Виноградов В.К. Растительноядные рыбы – будущее рыбного хозяйства России. - Рыбное хозяйство. -2011. -№4. – С. 37.
3. Багров А.М. Технология формирования и эксплуатации маточных стад толстолобика с учетом специфики региональных условий (центральные регионы России) / А.М. Багров, Л.В. Калмыков, Н.И. Самарин, Н.Н. Тансыкбаев // Сб. научн-техн. и метод. документации по аквакультуре. –М.:ВНИРО, 2001. – С. 177-185.
4. Дувирова А.С. К вопросу сравнительной характеристики растительноядных рыб из водохранилищ и рыбхозов Северного Кавказа / А.С. Дувирова, Л.В. Вдовичас, Г.И. Карнаухов // X Всесоюзное совещание по биологическим основам и производственному опыту рыбохозяйственного и мелиоративного использования дальневосточных растительноядных рыб: тез. докл., Славянск, сентябрь 1984 г. –М.: ЦНИИТЭИРХ, 1984.
5. Серветник Г.Е. Белый амур – перспективный объект для водоемов сельскохозяйственного назначения / Г.Е. Серветник // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -2016. -№2. –С. 59-61.
6. О развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводство) в Российской Федерации. МСХ РФ. ФАР. –М., 2017. -63 с.
7. Инструкция по выращиванию и использованию производителей растительноядных рыб. Сб. НТД по товарному рыбоводству. –М.: Агропромиздат, 1986. –Т.1 и Т.2. -260 и 317 с.
8. Руководство по биотехнике разведения и выращивания дальневосточных растительноядных рыб / Багров А.М. и др. под общ. редакцией В.К. Виноградова. –М., 2000. -211 с.

УДК 639.371.2:611.013

ТЕХНОЛОГИЯ РАННЕЙ ОЦЕНКИ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОТОМСТВА СИБИРСКОГО ОСЕТРА

Симонов В.М., Виноградов Е.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбоводства и океанографии» Филиал по пресноводному рыбному хозяйству («ВНИИПРХ»), Федеральное агентство по рыбоводству, simvmi50@gmail.com[1]

TECHNOLOGY FOR EARLY ASSESSMENT OF THE PRODUCTIVITY OF SIBERIAN STURGEON OFFSPRING

Simonov V.M., Vinogradov E.V.

Резюме. *Предлагается использовать выживаемость сибирского осетра при стрессе во время эмбрионального развития для оценки продуктивности потомства при дальнейшем выращивании. Показано, что характеристика устойчивости к стрессу на 29, 36-40 стадиях развития эмбрионов связана с выживаемостью сибирского осетра при переходе на активное питание личинок и с ростом рыб на первом году жизни.*

Ключевые слова*: Сибирский осетр, выживаемость, эмбриональные стадии развития, оценка, гипоксия, обезвоживание*

Summary. *Siberian sturgeon survival rate under stress at embryonic development period can be used for offspring productivity assessment at further growing. Stress resistance characteristic at 29, 36-40 embryonal development stages has been shown to be related with Siberian sturgeon survival rate at the time of larvae pass to feeding activity and with fish growth during brood year.*

Key words: *Siberian sturgeon, survival rate, embryonal development stages, assessment, hypoxia, dehydration*

Генетическое разнообразие стада сибирского осетра, эксплуатируемого на осетровых заводах в течение ряда генераций, снижается. Это приводит к увеличению инбредной депрессии и, соответственно, к снижению продуктивных характеристик выращиваемых рыб [Барминцева, 2018]. Племенное дело – комплекс организационных и биотехнических мероприятий, направленных на обеспечение рыбоводных хозяйств необходимым количеством производителей и рациональным применением маточных стад для получения посадочного материала и товарной продукции. Выбор производителей осетровых рыб имеет большое значение при искусственном воспроизводстве, как в целях разведения, так и при проведении селекционных работ. Одним из методов повышения

продуктивности в существующих условиях является племенная работа, основанная на подборе производителей, потомки которых имеют различия в устойчивости к воздействию неблагоприятных фактора. Это связано как с условиями содержания производителей в индустриальных условиях, так и с индивидуальными свойствами самок, которые определяются на генетическом уровне. Качество и жизнестойкость потомства осетровых зависит от качества родительских пар. Из литературных данных следует, что причина вариабельности в развитии организма заключается, прежде всего, в разнокачественности зрелой икры рыб, которая определяется особенностями состояния материнского организма и ходом оогенеза [Загребина, 2007; Залепухин, 2007; Журавлева, 2009; Симонов, 2016]. В то же время, повышенная жизнестойкость потомства осетровых рыб определяет лучшую приспособленность живого организма к изменениям среды, лучший рост и большую его продуктивность [Владимиров и др., 1965].

Проведенные ранее эксперименты показали возможность отбора потомств с высокими показателями общей выживаемости на ранних стадиях развития, которые определяют их дальнейший успешный рост. Отбор у осетровых рыб можно проводить по показателям устойчивости эмбрионов к воздействию стрессовых факторов, таких как острая гипоксия и обезвоживание [Симонов, Виноградов, 2017].

В качестве характеристики получаемого потомства сибирского осетра, как для определения продукционных свойств самок, так и для успешного выращивания молоди в условиях осетрового завода, предлагаются способы оценки устойчивости сибирского осетра на эмбриональной стадии развития к влиянию стрессовых факторов. Для этого используют три способа.

1. Характеристика потомства сибирского осетра по выживаемости при острой гипоксии на 29 стадии эмбрионального развития [Делаф и др., 1981] Для этой цели отбирают 200-300 живых эмбрионов (развивающихся икринок) у которых формируется S-образный изгиб сердца и начинается пульсация. При температуре 18°С эмбрионы на 30 мин помещают в обескислороженную среду (растворенных кислород связывают сульфитом натрия Na_2SO_3). Затем икринки перемещают в воду с оптимальным содержанием кислорода (7-8 мгO_2/л) и через 24 часа при помощи бинокуляра определяют выживаемость эмбрионов, которая визуально определяется по биению сердца. Рассчитывают процент живых икринок. Оценку потомств сибирского осетра проводят в трех повторностях. В качестве контроля используют развитие икры без влияния стрессового фактора.

2. Характеристика потомства сибирского осетра по выживаемости при обезвоживании на 29 стадии эмбрионального развития. Эмбрионы на 29 стадии эмбрионального развития (S-образный изгиб сердца, начало пульсации сердца) из инкубационного аппарата отбирают в чашки Петри по 100-150 эмбрионов

(икринок). Затем воду из чашек сливают и остающиеся в воздушном пространстве икринки сибирского осетра в чашках Петри выдерживают при температуре 19°С в течение 90 мин. Для предотвращения обсыхания икринок чашки покрывают стеклянными крышками. Затем икру помещают в кюветы с водой и через 24 часа определяют количество погибших эмбрионов, у которых не наблюдается биения сердца, и определяют выживаемость (%). Оценку потомств сибирского осетра проводят в трех повторностях. В качестве контроля используют развитие икры без влияния стрессового фактора.

3. Характеристика потомства сибирского осетра по выживаемости при обезвоживании на 36-40 стадии эмбрионального развития (во время и сразу после выхода эмбрионов из икры). 100 экземпляров свободных от оболочки икры эмбрионов (36-40 ст. развития) в трехкратной повторности отбирают и помещают в кюветы с водой на 300 мл. При температуре 19°С эмбрионы (предличинки) выдерживают на воздухе в течение 90 мин. Экспозицию эмбрионов в воздушном пространстве проводят на мелкоячеистой сетке, расположенную в 3 см от поверхности воды в кювете. Для создания 100% влажности воздуха и недопущения высыхания рыб опыт проводят под стеклянной крышкой. Затем переносят эмбрионы в кюветы с водой. Через 24 часа регистрируют количество мертвых (неподвижных) эмбрионов и определяют выживаемость (%). Оценку потомств сибирского осетра проводят в трех повторностях. В качестве контроля используют развитие эмбрионов без влияния стрессового фактора.

Основным показателем, по которому оценивают результаты опытов, является количество живых эмбрионов после воздействия неблагоприятных факторов, выраженное в процентах. Расчёт оценки выживаемости рыб при воздействии неблагоприятного фактора проводится по формуле: У = n(жив)*100/N, где У - выживаемость потомства (%), n(жив) – количество рыб в выборке из потомства, которое через 24 часа после воздействия неблагоприятного фактора остается живым, N – число рыб в выборке. Потомства имеют отличия по устойчивости к стрессовому фактору, если выживаемость между ними различается не менее чем на 30-40 %.

Выживаемость эмбрионов после воздействия острой гипоксии и после обезвоживания на 28-29 стадии развития, а также выживаемость эмбрионов после воздействия обезвоживания на 36-40 стадии развития положительно связана с их выживаемостью и ростом при выращивании в лотках и бассейнах на первом году жизни. В наших исследованиях оценка производителей по продуктивным качествам потомства показала, что отбор лучших групп по стрессоустойчивости на эмбриональной стадии позволяет повысить продуктивность осетровых рыб при товарном выращивании. Показано, что потомства с высокой устойчивостью к влиянию обезвоживания на 29 и 40

стадиях эмбрионального развития определяют лучшую выживаемость рыб в течение 10 дней после выхода из икры и во время перехода на экзогенное питание - на 56,6-106,5 % выше, чем в контрольном варианте [Симонов, Виноградов, 2017].

Стрессоустойчивые семейные группы сибирского осетра имеют повышенную выживаемость при переходе на внешнее питание. Во время перехода на экзогенное питание и при выбросе меланиновой пробки отход молоди осетровых рыб в заводских условиях может достигать 70-80 %.

Выращивание сеголеток сибирского осетра в бассейнах Конаковского осетрового завода показало преимущество групп, отобранных по устойчивости к острой гипоксии и обезвоживанию на ранних стадиях онтогенеза (29 стадии развития) по средней навеске (массе) рыб. Устойчивые потомства имели лучший рост, на 16,8-25,9 % выше, чем в контрольном варианте [Виноградов и др., 2020].

Проведенные исследования показали, что межгрупповые различия в устойчивости к стрессу сибирского осетра обнаруживаемые на ранних стадиях эмбриогенеза могут способствовать усовершенствованию биотехнологических приемов при воспроизводстве осетровых рыб, а также позволяют повышать результаты выращивания товарной продукции. Оценка репродукционных характеристик самок осетровых рыб по выживаемости потомства на эмбриональной стадии развития позволит более успешно определять эффективные мощности производства товарной продукции индустриального осетроводства.

В заключение следует отметить, что приведенные три способа отбора потомств сибирского осетра на 29, 36-40 эмбриональных стадиях развития равнозначно позволяют оценить продуктивность потомств и выбрать лучшие из них для дальнейшего выращивания в промышленных бассейнах осетрового рыбозавода. Все вышеописанные способы допустимо применять одновременно, что позволит повысить эффективность правильной оценки и выбора лучшей группы сибирского осетра.

Список использованных источников

1. Барминцева А.Е. Филогеография и внутривидовой генетический полиморфизм сибирского осетра *Acipenser baerii* Brant, 1869 в природе и в аквакультуре - Автореферат дис. к.б.н. - М., 2018. - 24 с.

2. Виноградов Е.В., Симонов В.М., Рекубратский А.В. Оценка самок сибирского осетра по результатам эмбрионального развития потомства // Сб. науч. тр., ВНИИПРХ. – М.: Изд-во «Перо», 2020. – Вып. 91. - С. 26-32.

3. Владимиров В.И., Семенов К.И., Жукинский В.Н. Качество родителей и жизнестойкость потомства на ранних этапах жизни у некоторых видов рыб. // Теоретические вопросы рыбоводства. - М.: Наука, 1965. - С. 19-32.

4. Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. Развитие осетровых рыб. М.: «Наука», 1981. – С. 120-122.

5. Журавлёва Н.Г. Влияние абиотических и биотических факторов среды на выживаемость эмбрионов и молоди рыб // Вестник МГТУ. 2009. - Т. 12. - №2. - С. 338-343.

6. Залепухин В.В. “Технологическая составляющая” эндогенной разнокачественности при искусственном разведении карповых рыб // Ихтиологические исследования на внутренних водоемах: Материалы Международной научной конференции, Саранск, 2007. - С. 52-53.

7. Загребина О. Н. Оптимизация условий эмбрионального и постэмбрионального развития русского осетра на рыбоводных заводах Нижней Волги. - Автореферат дис. к.б.н. - М., 2007. - 24 с.

8. Симонов В.М. Методические основы селекции и формирования маточных стад осетровых рыб в индустриальных условиях // Аквакультура осетровых: современные тенденции и перспективы. Международная научно-практическая конф. Украина, 18 мая 2016 г. - Херсон: издатель ФЛП Гринь Д.С. - С. 176-185.

9. Симонов В.М., Виноградов Е.В. Оценка производителей сибирского осетра по стрессоустойчивости потомства на эмбриональной стадии развития// Материалы научн. мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук. Всерос. научн. конф. «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки» (г. Ростов-на-Дону, 13-16 декабря 2017 г.) - Ростов-на-Дону, ЮНЦ РАН, 2017. –С 374-376.

УДК 639.3.09

ОБЗОР ПРИЕМОВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ТРИХОДИНОНОСИТЕЛЬСТВА У МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В УСЛОВИЯХ ИХ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ

Гринберг Е.В.[1, 2], Литвиненко А.В.[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Сахалинский государственный университет (СахГУ)

[2]Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ekaterina-grinberg@yandex.ru

REVIEW OF TECHNIQUES FOR PREVENTING TRICHODIN-BEARING IN JUVENILE PACIFIC SALMON IN THE CONDITIONS OF THEIR ARTIFICIAL BREEDING

Grinberg E.V., Litvinenko A.V.

Резюме. *В статье приведены традиционные и новые приемы искусственного разведения тихоокеанских лососей в условиях лососевых рыбоводных заводов, позволяющие предупреждать не только развитие у молоди опасного инвазионного заболевания триходиноз, но и не допускать триходиноносительства. Показаны условия создания, сохранения и поддержания благоприятной эпизоотической обстановки на ЛРЗ, а также последствия заболеваний молоди заразными болезнями.*

Ключевые слова и выражения: *аквакультура, искусственное разведение, пастбищное рыбоводство, лососевый рыбоводный завод, тихоокеанские лососи, триходина, профилактика, формалин, плотность посадки.*

Summary. *The article presents traditional and new methods of artificial breeding of Pacific salmon in the conditions of salmon hatcheries, which allow to prevent not only the development of the dangerous invasive disease trichodinosis in young fish, but also to prevent trichodin-bearing. The conditions of creation, preservation and maintenance of a favorable epizootic environment in the LRZ, as well as the consequences of diseases of juveniles with infectious diseases, are shown.*

Key words: *aquaculture, artificial breeding, pasture fish farming, salmon hatchery, pacific salmon, trichodina, prevention, formalin, planting density.*

Искусственное разведение тихоокеанских лососей и пастбищное рыбоводство – две полноценные составляющие аквакультуры. Аквакультура (рыбоводство) – одна из важнейших частей рыбного хозяйства России, наряду с рыболовством, переработкой водных биологических ресурсов и

вспомогательной инфраструктурой. Для Сахалинской области значение искусственного разведения горбуши и кеты, симы и кижуча трудно переоценить – суммарная мощность 65 лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) по выпуску молоди близка к 1 млрд. шт., а общий вылов тихоокеанских лососей варьирует в последние десятилетия в пределах от 70,0 до 280 тыс. тонн [10, 11].

С большинства ЛРЗ Сахалинской области выпускают молодь лососей с коротким пресноводным циклом – горбуши и кеты. Биотехника искусственного разведения (ИР) этих рыб состоит из череды последовательных производственных периодов. Сначала производят работы по отбору и выдерживанию производителей, далее собирают икру и транспортируют ее в инкубаторы ЛРЗ. За сбором икры следует период инкубации, в ходе которого икру подвергают повторному учету (инвентаризации) и выбирают производственный отход. Период инкубации завершается вылуплением свободных эмбрионов, которых выдерживают либо в искусственном субстрате питомных каналов, либо в лотках инкубационных аппаратов вертикального типа. Выдерживание предличинок длится до момента их превращения в личинок и начала периода подращивания молоди. Завершается рыбоводный цикл на любом ЛРЗ выпуском молоди в естественные водоемы и водотоки [5].

Триходиноз, часто неверно называемый триходиниоз – опасное инвазионное заболевание из группы протозоозов, т. е. его возбудителя относят к типу простейших, одноклеточных животных. Известно, что кругоресничные инфузории сем. *Urceolariidae*, рода *Trichodina*, чаще всего локализуются на коже и жабрах рыб и наиболее подвержены заболеванию младшие возрастные группы [1, 3]. В условиях рыбоводных заводов Сахалинской области, благодаря налаженной ветеринарно-санитарной работе, собственно заболевание триходиноз практически не встречается, однако триходиноносительство на большинстве ЛРЗ отмечают уже в конце периода выдерживания предличинок и на протяжении всего периода подращивания, вплоть до выпуска молоди.

У молоди (личинок и мальков) лососей триходиноносительство легко заподозрить по изменению поведения – они начинают «бликовать» и «чесаться», пытаясь избавиться от эктопаразита. Такая молодь выглядит и растет хуже здоровой. Показатели кормления молоди, у которой диагностировано триходиноносительство, ухудшаются: возрастает кормовой коэффициент за счет увеличения потерь корма и сокращения прироста массы; увеличивается продолжительность периода кормления и себестоимость выращивания одного малька; снижается общая резистентность организма личинок и мальков как к другим заразным заболеваниям, так и к незаразным. Триходиноз, как заболевание, приводит к еще более тяжелым экономическим последствиям. Только производственный отход из-за этой болезни может достигать более 80% [1, 4].

Обычно, для предупреждения и лечения триходиноносительства на большинстве ЛРЗ Сахалинской области, применяют обработки капельным методом по текущей воде растворами формальдегида (1:4000, 90 минут) или малахитового зеленого (1:800000, 120 минут) [7, 8]. Реже используют йодинол и фиолетовый К. Традиционно для предупреждения и лечения триходиноза применяли солевые ванны из 5% раствора поваренной соли в течение 5 минут, аммиачные ванны, ванны из органических красителей (основной ярко-зеленый и фиолетовый К) [1, 4].

Все эти способы, помимо недостаточной эффективности или побочных эффектов, из-за нарушений методики проведения подобных обработок, обладают одним существенным недостатком – применяемые дезинфектанты по своей химической сути являются токсикантами, а сами обработки – это значительный стресс для подращиваемой молоди, приводящий к ослаблению общего состояния здоровья и снижению резистентности [2]. Дополнительно следует отметить, что и формалин и малахитовый зеленый обладают канцерогенным эффектом при их неграмотном применении [4]. Таким образом, традиционные способы предупреждения или лечения триходиноза – антиэкологичны.

Принимая во внимание вышеописанные недостатки традиционных методов профилактики и лечения триходиноносительства и триходиноза, на некоторых ЛРЗ применяют новые, щадящие приемы, основанные на глубоких знаниях и понимании биологии и экологии как объекта разведения, так и паразита. К таким нетрадиционным (экологическим) приемам можно отнести: уменьшение плотности посадки; подращивание в солоноватой воде; резкое изменение температуры и качества воды при подращивании. И если перепады температуры воды (градиент не менее 3-4°С) это тоже стресс для подращиваемой молоди (хотя и с меньшими последствиями, чем стресс или риск отравления при обработке антисептиками), то два первых приема обладают дополнительными преимуществами в виде увеличения темпов прироста (и при пересадках молоди и при подращивании в солоноватой воде) и улучшения общего физиологического состояния молоди (при подращивании в солоноватой воде) [6, 9].

В заключение следует отметить, что любые манипуляции с продукцией, полученной от диких производителей, приводят к значительным стрессам, которые по цепочке приводят к ослаблению физиологического состояния и резистентности рыб. Если же стресс будет проходить на фоне нарушений биотехники и методик искусственного разведения рыб, отсутствия контроля, регулирования и установки оптимальных параметров среды при проведении путинных работ, инкубации икры, выдерживании предличинок, подращивании молоди и ее выпуске, не соблюдения базовых правил и норм ветеринарно-

санитарной и лечебно-профилактической работы, то на ЛРЗ будет отмечено не триходиноносительство, а именно заболевание триходиноз, с которым нетрадиционными, щадящими методами справиться невозможно. В таком случае проводят лечебные обработки (в запущенных случаях их выполняют в стоячей воде) и частота их проведения увеличивается до 2-3 раз в месяц.

Таким образом, самым эффективным способом предупреждения триходиноносительства на современных ЛРЗ, следует считать неукоснительное соблюдение биотехники искусственного разведения лососей и создание оптимальных экологических условий на всех этапах раннего онтогенеза тихоокеанских лососей (эмбриональном, личиночном и мальковом). В производственных условиях ЛРЗ эмбриональный этап проходит в период инкубации икры и выдерживания предличинок, личиночный – в период подъема на плав и перевода на внешнее питание, мальковый в период подращивания и выпуска молоди.

Как меры предупреждения (профилактики), так и лечебные (терапевтические) приемы для предотвращения триходиноносительства у молоди тихоокеанских лососей необходимо осуществлять комплексно, используя щадящие приемы и методики, не приводящие к стрессу. Такими экологически направленными и действенными, могут стать приемы и методики искусственного разведения лососей, основанные на понимании биологических и экологических требований разводимых видов и потенциальных возбудителей опасных заразных заболеваний на разных этапах онтогенеза.

Список использованных источников

1. Бауер, О.Н., Мусселиус, В.А., Николаева, В.М., Стрелков, Ю.А. Ихтиопатология: учебник. М.: Пищевая промышленность, 1977. – 432 с.

2. Ведемейер, Г.А. Стресс и болезни рыб / Г.А. Ведемейер, Ф.П. Мейер, Л. Смит. – М.: Легкая и пищ. пром-ть, 1981. – 128 с.

3. Вялова, Г.П. Паразиты кеты и горбуши Сахалина (возбудители, эпизоотология, патогенез, меры профилактики) / автореф. диссерт. на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 03.00.19 – паразитология, гельминтология. Южно-Сахалинск, 1999. – 22 с.

4. Головина, Н.А. Ихтиопатология / Н. А. Головина, Ю. А. Стрелков, В. Н. Воронин, П. П. Головин, Е. Б. Евдокимова, Л. Н. Юхименко. Под ред. Н. А. Головиной, О. Н. Бауера. — М.: Мир, 2003. — 448 с.: ил.

5. Иванов, А.П. Рыбоводство в естественных водоемах: учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 367 с.

6. Литвиненко, А.В. Анализ современной ихтиопатологической обстановки на рыбоводных заводах Дальнего Востока / А.В. Литвиненко, А.В. Иванов. Проблемы региональной экологии. – № 5. – 2016. – С. 11–16.

7. Методические рекомендации по проведению профилактических обработок икры и молоди лососей капельным методом / ФГБУ «Сахалинрыбвод». – Южно-Сахалинск, 1996. – С. 3-4.

8. Методические рекомендации по лечению и профилактике заболеваний лососевых на рыбоводных заводах // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. – М.: Отдел маркетинга АМБ-агро, 1998. – С. 170–194.

9. Отчет Соколовского ЛРЗ ФГБУ «Сахалинрыбвод». – Южно-Сахалинск: ФГБУ «Сахалинрыбвод, 2011. – 26 с.

10. Сахалино-Курильское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству // Электрон. дан. Режим доступа URL: http://www.sktufar.ru/ (дата обращения 24.04.2021)

11. Агентство по рыболовству Сахалинской области // Электрон. дан. Режим доступа URL: https://fish.sakhalin.gov.ru/ (дата обращения 24.04.2021)

УДК 639.3

ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РЫБОВОДНЫХ СИСТЕМ: ОТ ПРУДОВЫХ ДО УЗВ

Мустаев С.Б.

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), mustaevsb@yandex.ru

GENERAL CONCEPTION OF CREATING AND OPERATION FOR ARTIFISIAL FISH-CULTURAL SYSTEMS: FROM PONDS TO RECIRCULATING FISH-CULTURAL SYSTEMS

Mustaev S.B.

Резюме. *Предложена универсальная концепция создания и функционирования искусственных рыбоводных систем для прудовых и индустриальных хозяйств. Главным принципом концепции является саморегулируемость этих систем. Она обеспечивается включением самой рыбы в процесс регулирования рационов питания. Бионический метод кормления рыб без ограничения суточных рационов должен быть использован во всех без исключения хозяйствах. Он позволяет повысить продуктивность, устойчивость и экономичность рыбоводных систем.*

Ключевые слова: *концепция, искусственные рыбоводные системы, саморегулирование, бионический метод кормления.*

Summary. *General universal conception of creation and functioning of artificial fish-cultural systems for pond and industrial farms is offered. The main principle of the conception is self-regulation of the systems. It is achieved by including of fishes into the process of regulation of their food rations. Bionic fish feeding method without restriction of its daily rations should be used in all fish farms. It allows to increase productivity, stability and efficiency of fish-cultural systems.*

Key words: *conception, artificial fish-cultural systems, self-regulation, bionic fish feeding method.*

В настоящее время принято разделять рыбоводство на пастбищное, прудовое и индустриальное. Последнее включает в себя садковое, бассейновое рыбоводство и выращивание рыбы в установках замкнутого водоиспользования (УЗВ). Они отличаются уровнем интенсификации. При пастбищном рыбоводстве не используют искусственные корма, а только естественные пищевые ресурсы водоемов. В прудах применяют искусственные корма. Плотность посадки рыбы в 10 и более раз выше, чем в естественных водоемах.

При этом рыбы в прудах могут использовать их естественную кормовую базу. Поэтому искусственные корма для прудовых рыб могут быть не полностью сбалансированными и полноценными. Кормовые организмы служат источником биологически активных веществ: витаминов, микроэлементов, белков, пептидов и других, улучшая качество искусственных кормов. В индустриальном рыбоводстве кормовые организмы практически отсутствуют. Поэтому необходимо применять только высококачественные полноценные и сбалансированные корма. Плотность посадки рыб в индустриальных хозяйствах в 10-100 раз выше, чем в прудовых. Сейчас появилась ярко выраженная узкая специализация работников отрасли. И трудно найти специалистов, одновременно одинаково хорошо разбирающихся в нюансах всех видов рыбоводства. Из-за этого, подчас, иногда возникает недопонимание между специалистами, работающими в разных типах хозяйств. Рассмотрим, каким критериям должна соответствовать любая искусственная система культивирования, в том числе рыбоводная. Основные критерии, следующие:

1. Функциональность
2. Устойчивость
3. Экономичность

Функциональность предполагает соответствие новой системы цели и задачам его создания. Устойчивость это способность объекта сохранять свои свойства во времени. Экономичность - получение продукции с минимальными затратами материальных и энергетических ресурсов. Природные водные биоценозы отвечают всем этим требованиям. Любая водная экосистема соответствует природно-климатическим условиям, в которой она существует. При этом в ней развивается максимально возможное в данных условиях видовое разнообразие. Большинство природных водных экосистем существует длительное (тысячи, десятки и более тысяч) лет. Следовательно, они устойчивы, то есть сохраняют свои свойства в течение этого времени. Водные природные системы используют энергию солнца. И в них мы наблюдаем максимально возможные численность и биомассу растительных и животных организмов. Из этого следует, что энергия солнца расходуется предельно экономично. Если всем критериям новых систем культивирования соответствуют природные экосистемы, то, значит, человек должен создавать новые системы культивирования по их образу и подобию.

В 1961 г. Б.П. Мантейфель ввел понятие триотрофа– трехчленной пищевой цепи, состоящей из первичного трофического звена – кормовых организмов для мирных рыб, вторичного звена – мирных рыб и третьего звена – хищных рыб [Мантейфель, 1980]. Сложное взаимодействие внутри этой пищевой цепи приводит к периодическим колебаниям численности и биомассы каждого звена.

В целом же водная экосистема находится в состоянии динамического равновесия. Действительно, при определенных благоприятных климатических условиях увеличивается биомасса кормовых организмов. Благоприятный трофический фон приводит к увеличению численности и биомассы мирных рыб. Увеличивающийся пресс мирных рыб на кормовые организмы уменьшает их биомассу, что снижает и общую массу мирных рыб. Кроме того, по мере роста массы мирных рыб, увеличивается численность хищников, которые, в свою очередь, снижают биомассу мирных рыб. Уменьшение биомассы мирных рыб приводит к снижению численности хищников. Цикл, растянутый во времени, повторяется. Все это происходит без участия человека. Система сама себя регулирует и, надо сказать, весьма эффективно. Динамическое равновесие сохраняется десятками тысяч лет. Сложившаяся система триотрофа позволяет ей сохранять устойчивость благодаря свойству саморегулируемости. Перейдем теперь к искусственным рыбоводным системам. Триотроф в них трансформируется в систему диотрофа. Хищники изымаются из системы, если мы выращиваем мирных рыб, и кормовые организмы для мирных рыб, если выращиваем хищников. Рассмотрим для начала прудовое выращивание мирных рыб. Здесь присутствует некоторое количество естественной пищи. Но при высоких плотностях посадки кормовые организмы быстро выедаются рыбами и дальнейшее их воспроизводство не происходит. Чтобы увеличивать биомассу рыб, мы должны вносить искусственные корма. Здесь встает вопрос: как это делать, чтобы сохранить прудовую систему саморегулирующейся. Существует два основных способа кормления рыб.

1. По заданной человеком программе. В этом случае человек берет на себя ответственность за правильность количества задаваемого корма и режима его внесения. Будет ли в этом случае система саморегулирующейся? Очевидно, нет, поскольку нет прямой и обратной связи между потребленным кормом и рыбой. Человек сам решает, сколько и когда задать корма, в соответствии с заданной программой, исходя из своих представлений о потребностях рыб.

2. Свободное кормление. В этом варианте рыба сама может выбирать количество корма и время его потребления после выработки условного рефлекса на оперант и место выдачи корма. Было доказано, что в прудах свободный выбор количества и режима потребления корма карпами значительно эффективнее нормированного многоразового кормления (по заданной программе) [Лавровский,1987; Мустаев, 1988; Акимов и др., 1990].

При увеличении плотности посадки возрастает органическая нагрузка на пруд в виде вносимых кормов. Было доказано, что при двухразовом нормированном кормлении максимальная нагрузка, при которой не происходит прогрессирующего органического загрязнения составляет 100 кг корма на 1 га в сутки [Глазачева и др.; Есипова и др., 1978].

Также было показано, что даже при шестиразовом кормлении от 37 до 42 % задаваемого корма не попадает в рыбу, а только загрязняет водоем, тогда как при питании карпа из автокормушек потерь корма не происходит совсем [Мустаев,1988].

Также было показано, что при автокормлении максимальная кормовая нагрузка может быть увеличена до 130-160 кг/га в сутки, в среднем до 140кг/га/сутки. [Мустаев, 1993].

При сверхвысоких плотностях посадки 40 000 двухлеток на 1 га во второй половине сезона суточная кормовая нагрузка превышает указанные величины в 100- 140 кг/га. Если применять нормированное кормление, то при таких плотностях посадки необходимо ограничивать суточный рацион величиной 100 кг/га/сутки. Если этого не делать, то возможна гибель рыбы от асфиксии (замора) при недостатке растворенного в воде кислорода. Но, если использовать свободное кормление из автокормушек, прудовая система остается саморегулирующейся. При плотности посадки 40 000 годовиков карпа на 1 га средняя суточная кормовая нагрузка составила 160 кг/га. При этом в отдельные дни рыбы потребляли 300-320 кг/га, две суточные нормы, а не питались совсем 2 - 4 раза в месяц [Мустаев, 1992]. Один раз в неделю или один раз в две недели карпы сами устраивали себе разгрузочные дни. Это невозможно учесть при кормлении по заданной программе. График потребления корма колебался почти по синусоиде вокруг средней величины в 160 кг/га/сутки.

Почти точно так же колебались и значения растворенного в воде кислорода, уменьшаясь до критических значений после максимальных значений потребленного корма и увеличиваясь до максимальных после разгрузочных дней у рыб. Можно говорить о биоэкономическом оптимуме, который достигается при свободном кормлении рыб. В каждый конкретный момент рыбы потребляют максимально возможное количество корма в соответствии со сложившимися на этот момент условиями среды. Резюмируя вышесказанное, можно утверждать, что применение свободного кормления рыб из автокормушек в прудах позволяет прудовой системе оставаться саморегулирующейся и отвечать критериям эффективности, обозначенным выше: функциональности, устойчивости и экономичности. На основе этих положений была предложена экологическая концепция интенсификации рыбоводства [Мустаев, Акимов, 1992].

Перейдем теперь к садковому рыбоводству. В начале 80-х годов прошлого века автокормушки получили широкое распространение при кормлении рыбы в садках. На теплых водах кормление карпа из автокормушек без ограничения суточного рациона (свободном кормлении) оказалось экономически выгоднее, чем нормированное из тех же автокормушек [Лавровский и др.,1980]. Во втором случае затраты корма на прирост оказались

несколько ниже, и конечная масса рыб была меньше, но снижение затрат корма не компенсировало уменьшение рыбопродукции.

Существует и другая точка зрения, по которой снижение кормовых затрат экономически выгодно, несмотря на некоторое уменьшение скорости роста рыб [Фридман, Остроумова, 1982]. К настоящему времени практически полностью победила вторая точка зрения. Дело в том, что корма стали значительно дороже. Их относительная доля в себестоимости товарной рыбной продукции выросла по сравнению с концом прошлого века. И поэтому в хозяйствах стараются всячески снижать кормовые затраты и долю стоимости кормов в себестоимости рыбы. Сейчас в большинстве хозяйств при использовании автокормушек в них загружают суточную норму корма. Необходимость нормирования рациона карпа в садках объясняется тем, что он переедает, постоянно воздействуя на маятник автокормушки, в связи с чем возрастают затраты корма на прирост рыбы и снижается эффективность выращивания. Однако, в этом случае нарушается принцип свободного кормления, который, как показано выше, является наиболее эффективным способом кормления карпа в прудах и основой саморегулируемости системы.

Нормативы по выращиванию карпа и форели в садках были разработаны в 1986 г. и предполагают плотности посадки годовиков карпа и форели 250 голов на 1 м^2, двухгодовиков – 50 голов на 1 м^2 [Сборник нормативно-технологическоой документации по товарному рыбоводству, 1986]. Нами было высказано предположение, что нормативные плотности посадки годовиков и двухгодовиков карпа в садках завышены. При такой плотности посадки меняется тип поведения рыб из-за многократно возрастающей конкуренции. Наиболее сильные и крупные особи постоянно находятся у маятника автокормушки и не подпускают туда менее крупную рыбу. В таких условиях, если не ограничивать количество корма, то рыбы начинают питаться практически постоянно, они переедают, ухудшается усвоение корма, растут кормовые затраты, снижается эффективность выращивания.

В июле 2020 г. в Кармановском рыбхозе Башкортостана был заложен опыт по выращиванию трехлеток карпа в садках с уменьшенной плотностью посадки по сравнению с нормативной иосуществлению кормления рыб по требованию без ограничения суточного рациона. В автокормушках постоянно находился корм и рыбы могли потреблять его без ограничения. При этом плотности посадки были уменьшены до 20 и 34 голов трехлеток на 1 м^2. В 3-х экспериментальных садках площадью 10 м^2 находилось по 200 трехлеток карпа. Их средняя масса на момент посадки в садки 8 июля 2020 г. составила 2000 г, общая масса рыбы в садках - по 400 кг. В трех контрольных садках рыбу выращивали при плотности 34 экз./м^2. Их средняя индивидуальная масса 8

июля составила 2200 г/экз. Общая масса рыб в садках составляла в среднем по 750 кг.

При этом в контрольных садках в автокормушки засыпали суточную норму корма. Корм использовали собственной рецептуры, изготовленный на местном мелькомбинате. Обловы садков были проведены 24 сентября 2020 г. Следует сразу сказать, что за все время эксперимента рыбы в опытных садках не переедали, питались равномерно, находились в основном у дна садков Средние результаты по контрольным и опытным садкам представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты выращивания трехлеток карпа в садках при пониженной плотности посадки

Варианты опытов	Начальная масса рыб, г	Плотность посадки, экз./м^2	Конечная масса рыб, г	Прирост массы рыб, кг/м^2	Кормовые затраты, ед.
Опыт	2 000	20	5 100	62,0	3,05
Контроль	2 000	34	3 800	54,2	3,14

Обращает на себя внимание заметная разница в конечной массе рыб. В опытных садках она на 34% больше, общий прирост массы рыб в садках также оказался больше (на 14%), несмотря на большую начальную плотность посадки в контрольном варианте (на 70%). Кормовые затраты оказались примерно одинаковыми (разница менее 3%).

Приведенные выше результаты позволяют сделать предварительный вывод, что при выращивании трехлеток карпа в садках можно использовать свободное кормление без ограничения суточного рациона при уменьшении плотности посадки в 2,5 раза по сравнению с нормативной. При этом общая рыбопродуктивность садков не уменьшается. Данные опыты необходимо провести повторно для подтверждения полученных результатов, а также провести такие эксперименты с сеголетками и двухлетками карпа. Уменьшение плотности посадки улучшает эпизоотическую обстановку и уменьшает риск заболеваний.

Что касается увеличения площади садков, то это незначительно удорожает товарную продукцию, поскольку доля стоимости садков в ее себестоимости незначительна. Общее увеличение площади садков может быть положительным моментом, так как органическое загрязнение от выращиваемой рыбы распространяется по водоему более равномерно и может быть нейтрализовано бактериальным сообществом с более высокой скоростью. Кроме того, при уменьшении плотности посадки рыбы в садках появляются зоны отдыха и комфорта.

В индустриальном рыбоводстве недооценивается значение для рыб зон отдыха, зон комфорта, где они могли бы спокойно переваривать пищу [Лавровский, 1987]. Исследования в данном направлении необходимо продолжить, чтобы определить максимальные плотности посадки рыбы в садках, которые нельзя превышать и которые позволят системе оставаться саморегулирующейся.

Что касается установок с замкнутым водоиспользованием, (УЗВ), то принцип саморегулируемоститакже должен быть основным. В.В. Лавровским в 1985 г. [Лавровский, 1985] был предложен бионический способ управления замкнутыми рыбоводными системами с использованием автокормушек и показаны его преимущества. Бионика – направление кибернетики, изучающее структуры и жизнедеятельность организмов с целью использования открытых закономерностей. Определение и оценка быстро меняющихся условий в каждом рыбоводном бассейне с целью корректировки суточных рационов задача нерешаемая даже в настоящее время развития цифровых технологий. Кроме того, что это очень дорого.

В то же время рыбы круглосуточно «оценивают» условия среды по десяткам параметров и избирают соответствующий ритм питания и поведении [Лавровский, 1987]. Показано, что в разнородной среде рыбы выбирают стратегию поведения, при которой диссипация (рассеяние) ими энергии во внешнюю среду минимально [Зотин, 1988]. Следовательно, «оценивая» складывающуюся в бассейне ситуацию, рыбы выбирают оптимальный энергетической точки зрения тип поведения и питания.

Доказано, что рыбы различают растворенные в воде вещества в чрезвычайно малых концентрациях. Так, у карповых рыб порог различения NaCl составляет 0,001-0,005 моль/л. Они различают изменения pH в пределах 0,05-0,1, колебания температуры – 0,1˚С. Карп способен вырабатывать условные рефлексы на дозы углекислоты 1-2 мг/л. Рыбы различают по запаху кормовые объекты, врагов, доминирующих особей своего вида. А феромон тревоги из поврежденной кожи карп различает при концентрации 10^{-10} г/л. [Лавровский, 1987].

По принципу оптимальности Розена [Rosin, 1968] у животных в процессе эволюции вырабатываются приспособительные качества в максимальных (оптимальных) количествах. Следовательно, способность различать вещества в воде у рыб в минимальных количествах им необходима для выживания. Эту их способность можно использовать в интересах человека при управлении искусственными рыбоводными системами. При этом они будут саморегулирующимися, а, значит, высокопродуктивными, экономичными и устойчивыми. В гетерогенных условиях при свободном выборе рыбы, как, впрочем, и другие животные, выбирают такие параметры среды, где их основной

обмен минимален, а скорость роста и выживаемость по крайней мере молодых особей наивысшие, то есть эколого-физиологический оптимум [Ивлев, 1977; Аноним, 1986; Зотин, 1988]. Но если при этих условиях потери энергии в процессе жизнедеятельности наименьшие, то при прочих равных условиях, система культивирования находится в наиболее устойчивом состоянии. Это следует из принципа Онзагера [Onsager, 1931], который в формулировке А.И. Зотина [Зотин, 1988] гласит: «В устойчивом состоянии любой термодинамической системы скорость диссипации энергии в ней минимальна». Следовательно, при наличии свободного выбора рыбы и другие животные выбирают оптимальные с энергетической точки зрения варианты развития. И одно из фундаментных свойств живых организмов выражается в выборе стратегии поведения, при которой общее рассеяние энергии особью или популяцией в целом минимально. При этом, например, рыбы способны вырабатывать оптимальную линия поведения на основе оценки по меньшей мере двух, хотя и наиболее значимых факторов среды – температурного и пищевого [Willweber, Crouder, 1990].

Что же касается плотности посадки рыбы в рыбоводные емкости в УЗВ, то здесь так же, как и в садках, необходимо определить оптимальные величины. С одной стороны эта величина должна быть не больше той, при которой система теряет свойство саморегулирования, а с другой – не меньше той, при которой обеспечивается достаточная органическая нагрузка на биологический фильтр, при которой он функционирует устойчиво.

Несмотря на то, что основные положения бионического метода кормления [Лавровский, 1983; 1984; 1987] и экологической концепция интенсификации рыбоводства [Мустаев, Акимов, 1992] были предложены более 30 лет назад, в настоящее время они за редким исключением не используются в практике рыбоводных хозяйств.

Подводя итог вышесказанному, можно отметить следующее: главным принципом общей концепции создания и функционирования искусственных рыбоводных систем от прудовых до УЗВ должен являться принцип их саморегулируемости, позволяющий достигать максимальной эффективности: продуктивности, экономичности и устойчивости.

Список использованных источников

1. Глазачева И.В., Богданова Я.А., Акимова Г.Г. и др. Формирование качества водной среды в зависимости от кормления. –// Сб. науч. тр. ВНИИПРХ «Биологические основы рационального кормления», - М. – 1978, - вып. – 21, - С. 56-65.

2. Есипова М.А., Глазачева И.В., Соловьева Л.М. Влияние органического загрязнения водной среды на продуктивность рыбоводных прудов. –// Сб. науч. тр. ВНИИПРХ, - М. – 1978, - № 19, - С. 172-182.

3. Зотин А.И. Термодинамическая основа реакции организмов на внешние и внутренние факторы. – М.- Наука,- 1988, - 272 с.

4. Ивлев В.С. Экспериментальная экология питания рыб.- Киев, – Наукова Думка, – 1977, - 272 с.

5. Лавровский В.В., Санько В.С., Панченков Г.Т. Применение авто- и аэрокормушек при выращивании форели. – М.,- Рыбное хозяйство, - 1980, - № 7. - с. 48-49.

6. Лавровский В.В. Бионический подход к нормированию. – М.- Рыбоводство и рыболовство, - 1983, - № 4, - с. 4-5.

7. Лавровский В.В. Бионические основы управления замкнутыми рыбоводными системами. - // Сб. науч. тр. Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах.- М.- ВНИИПРХ, - вып. 46, - 1985, - С. 30-36.

8. Лавровский В.В. Бионический метод кормления рыб. - М.- Рыбное х-во, -экспресс информация, - сер. «Рыбохоз. использов. внутр. водоемов», - 1987,-вып. 4,- 23 с.

9. Мантейфель Б. П. Экология поведения животных.- М.- Наука.- 1980.- 222 с.

10. Мустаев С.Б. Питание и рост карпа в интенсивно эксплуатируемых прудах при использовании автокормушек. – Автореф. канд. дисс., М. – ВНИИПРХ. -1988. -24 с.

11. Мустаев С.Б. Акимов В.А. Саморегулируемость как основной принцип экологической концепции интенсификации рыбоводства. – М.: Рыбное х-во, 1992, №1, с.27-31.

12. Мустаев С.Б. Новый способ определения нормативных значений показателей качества водной среды рыбоводных прудов.- Сб.науч.тр. ВНИИПРХ, - М.- 1993, вып. 69.- с. 88-97.

13. Поросята сами устанавливают температуру в свинарнике. – Аноним. – Изобретатель и рационализатор. – 1986. - №8. - с.26.

14. Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству. М.- Агропромиздат.- 1986.- Т.2. - 317 с.

15. Фридман И.Л., Остроумова И.Н. Эффективность оптимизации суточного нормирования кормов в тепловодном рыбоводстве. - Л. – Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, - 1982, - № 9. - С. 63-70.

16. Onsager L. Reciprocal relations in irreversible process. 1. – Phys.Rev. - 1931, -v.37, -N4, PP. 405-426.

17. Rozin P.N. The use of poikilothermy in the analysis of behavior. – The Central Nerwus System and Fish Beaviour, -1968, - p.181-192.

18. Wildhaber M.L., Crowder L.B. Testing a bioenergetics-based habitat choice model: Blue gill (Lepomis macrochirus) responses to food availability and temperature. – Can.J.Fish and Aquat. Sci.,-1990, -47,- N9,-p. 145-149

УДК 639.3.03

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПАСТБИЩНОЙ МАРИКУЛЬТУРЫ

Тренклер И.В.[1], Шишанова Е.И.[2]

[1]Санкт-Петербургский Государственный Университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ "ВНИРО" («ГосНИОРХ им. Л.С. Берга», trenkler@mail.ru

[2]Всероссийский научно-исследовательский институт интегрированного рыбоводства – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, lena-vniir@mail.ru

CONTEMPORARY STATE AND PERSPECTIVES OF SEA-RANCHING

Trenkler I.V., Shishanova E.I.

Резюме. *Пастбищная аквакультура морских рыб и водных беспозвоночных возникла в конце XIX века. Первоначально почти все рыбоводы воспринимали эффективность искусственного разведения как некую аксиому, поэтому бесполезные выпуски личинок трески продолжались до 1952 г. в США и до 1971 г. в Норвегии. Задачу выращивания жизнестойкой молоди морских рыб рыбоводы решали в течение 100 лет, только в 1983 г. были выращены и выпущены первые 75 тыс. подрощенной молоди трески благодаря использованию специальной культуры морских коловраток. На конец XX века пришелся пик морской пастбищной аквакультуры, в которой участвовали 64 страны, выпускавших 180 видов гидробионтов. Морское рыбоводство позволяет реализовать основное преимущество искусственного разведения – резкое сокращение смертности на ранних этапах онтогенеза. Наиболее важные объекты морского пастбищного рыбоводства - тихоокеанские лососи, ряд представителей окунеобразных и камбалообразных рыб. Объектами массовых выпусков являются также представители десятиногих ракообразных, двустворчатых, брюхоногих и головоногих моллюски и некоторые иглокожие из классов морских ежей и голотурий. Для определения целесообразности пастбищной аквакультуры используют следующие показатели: коэффициенты промыслового возврата (повторного вылова), индекс влияния зарыбления на промышленные уловы и экономическую эффективность выпусков молоди. Если учитывать все факторы, практически все заводские программы на о. Хоккайдо неэффективны, за исключением выпусков японского гребешка Mizuhopecten yessoensis и кеты Oncorynchus keta с коэффициентами промвозврата 34,5% и 9,6%, соответственно, при этом кета испытывает неуклонное снижение численности популяций с 1996 г.*

Ключевые слова: *пастбищная аквакультура, заводские выпуски, коэффициенты промыслового возврата (повторного вылова), экономическая эффективность выпусков молоди.*

Summary. *Sea-ranching of marine finfish and invertebrates appeared in the end of XIX century. The most of first aquaculturists believed in the efficacy of artificial breeding so useless releases of hatchery cod larva continued untill 1952 in USA and 1971 in Norway. The problem of rearing of resilient fingerlings of marine fish was actual during almost 100 years. Only in 1983 fish-breeders released first 75000 fingerlings of atlantic cod, using special culture of marine rotifers. The end of XX century became the time of maximal development of sea-ranching: 64 countries released 180 species of marine and anadromous fish, including marine invertebrates. The sea-ranching allowed to realize the main advantage of artificial propagation – strong decreasing high embryonal and larval mortality. At present the most important objects of marine finfish ranching are pacific salmons and species from orders Perciformes and Pleuronectiformes. The objects of mass-scale hatchery programms are representatives of Decapoda, Mollusca (gastropods, bivalves and cephalopods) and Echinodermata (sea urchins and sea cucumbers). For valuation of efficacy of sea-ranching farmers use next induces: recapture rates, index of stocking impact and economic efficiency. If all the costs were available and included in the analysis, all cases might be unprofitable in Hokkaido except Japanese scallop Mizuhopecten yessoensis and chum salmon Oncorynchus keta with recapture rates 34,5% and 9,6%, respectively but chum salmon has been suffered from continuous decline in the population size since 1996.*

Key words: *sea-ranching, hatchery releases, заводские выпуски, recapture rates, economic efficiency of hatchery programms.*

Пастбищная аквакультура, или *sea-ranching* (*ranching* – скотоводство) зародилась одновременно со строительством первых рыбоводных заводов и на протяжении последних 150 лет переживала взлеты и падения. Последние 20-25 лет объемы мировой пастбищной аквакультуры неуклонно сокращаются.

Основная цель пастбищной аквакультуры – получение дополнительного улова в результате выпусков заводской молоди в природные водоемы, при этом задача сохранения или приумножения природных популяций, как таковая, не ставится. Выпуски могут проводиться в озера, реки, моря. Основная задача рыбоводства – получение коммерческой выгоды. Если же цели выпусков молоди более широкие и подразумевают не только увеличение уловов, но и консервационные задачи, т.е. сохранение и приумножение природных популяций, то такие программы называются “*Stock enhancement*” и могут частично финансироваться за счет государственного или региональных

бюджетов. Разведением редких и исчезающих видов, когда получение прибыли через промышленный лов в принципе не предполагается, на Западе занимается некоммерческая Консервационная аквакультура (*Conservation aquaculture*), финансируемая по факту внесения того или иного вида в федеральные или региональные Красные Книги [7].

Зарождение пастбищной аквакультуры произошло почти одновременно в Западной Европе (1852 г. – Гюнингенский рыбоводный завод и бассейне Рейна) и Российской империи (1856 г. – Никольский рыбоводный завод). В частности, основатель российского рыбоводства В.П.Врасский, построивший первый в России рыбоводный завод с береговыми инкубационными аппаратами Виктора Коста, вовсе не ставил цель поддержания природных популяций ценных видов рыб, основной задачей завода была продажа посадочного материала для зарыбления озер, т.е. для пастбищной аквакультуры.

Первые заводы в Северной Америке появились позднее, чем в Западной Европе и России, однако уже в 1870-е гг. основным центром массового промышленного рыбоводства с целью выпусков молоди в природную среду становятся США и Канада [8-11]. В конце XIX столетия начинаются ре-интродукционные работы с кетой *Oncorhynchus keta* на острове Хоккайдо [29], однако к выпускам молоди других рыб Япония перешла сравнительно поздно – только после создание Японского Агентства по рыболовству (Fishery Agency) в 1963 г. [24].

Первые объекты северо-американской пастбищной аквакультуры – те виды рыб и беспозвоночных, у которых возможно получение зрелых половых клеток без использования методов гормональной стимуляции, а инкубация икры может проходить в простейших аппаратах конструкции «отца американского рыбоводства» Сес Грина, которые устанавливались непосредственно в русле реки и больше всего подходили для лососевых рыб, среди которых рыбоводов привлекали атлантический лосось *Salmo salar*, чавыча *Oncorhynchus tschawytcha*, американский и озерный гольцы *Salvelinus sp*. [8-9]. Из нелососевых рыб одним из важных объектов рыбоводства в США середины XIX века стал американский шед *Alosa sadipissima*, оказавшийся первым видом атлантических рыб, успешно интродуцированных в реки Тихого океана через целенаправленный выпуск личинок заводского происхождения. Это произошло в 1871 г., после завершения строительства Трансамериканской железной дороги, без которой перевозка живого материала на такое большое расстояние была технически невозможна [10].

Второй важнейший объект рыбоводства среди нелососевых рыб в США – белоперый судак *Sander vitreus*. Массовый выпуск личинок белоперого судака начат в 1870-х гг., а в последней четверти XIX в. и начале XX в. искусственное разведение этого вида охватило почти все штаты США и провинции Канады

[11]. В 1906 г. выпуск личинок судака достиг 368 млн. экз., что составило 19,1% от суммарного выпуска икры, личинок и молоди всех видов рыб в этом году [43]. Исходя из приведенных цифр, можно рассчитать, что суммарный выпуск заводской молоди в 1906 г. составил более ***1,8 млрд*** экз.

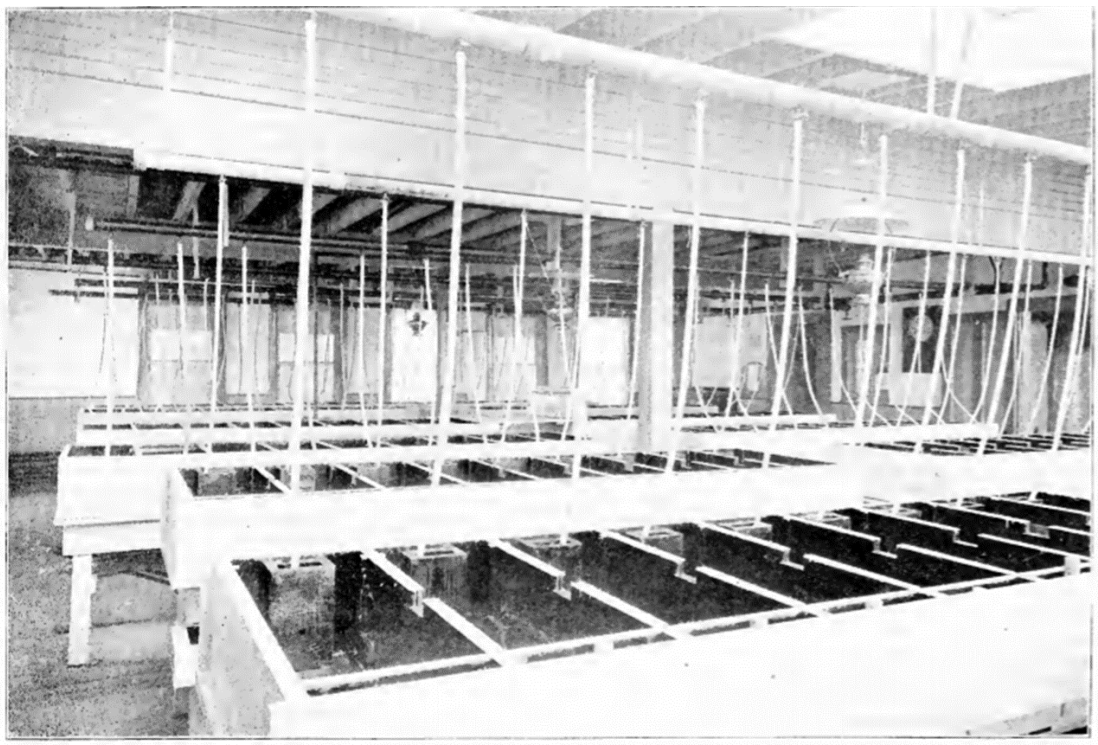
Кого же выпускали северо-американские и западно-европейские рыбоводы в начале XX века при весьма ограниченном техническом уровне рыбоводства в этот период? Каким образом достигались такие высокие цифры выпусков? На эти вопросы нельзя ответить, не учитывая, что помимо пресноводного рыбоводства существовало еще искусственное разведение морских рыб и некоторых морских беспозвоночных с колоссальной плодовитостью [15].

Трескообразные рыбы. Атлантическая треска *Gadus morhua* L. и ее тихоокеанский конспецифик *G. morhua macrocephalus* (который в то время рассматривали как подвид атлантической трески) представлялись рыбоводам Северной Америки и северной части Западной Европы конца XIX - начала XX веков простым и важным объектом искусственного разведения. Этому способствовали широкий интервал нерестовых температур (возможны колебания от 0,5 до 20º С при оптимуме от 4 ºдо 10-14º С) и длительный нерестовый период - 2-3 месяца, в течение которых самка производит 10-20 икрометаний, откладывая от 0,5 до 1 млн икринок на 1 кг веса. [17, 25]. Как следствие высокой плодовитости при массовости вида, треска быстро заняла и долго удерживала первое место по объемам выпусков личинок в природную среду по обе стороны Атлантического океана.

В Норвегии идея «помочь природе» с воспроизводством трески была впервые высказана Джорджем Сарсом, который произвел искусственное оплодотворение и изучил ранние эмбриональные стадии трески в 1860-е гг. По инициативе этого ученого были организованы выпуски личинок трески в начале 1880-х гг., а в 1882 г. был построен первый в Норвегии морской рыбоводный завод (*Flodevigen hatchery*) около г. Арендал [25, 35].

В США первые рыбоводные работы с атлантической треской были проведены в шт. Массачусеттс (г. Глусестерс) в 1878-79 гг. [15, 35]. В 1896/97 гг. было выпущено 98 млн. личинок трески, а суммарный выпуск личинок за все годы достиг 450 млн.

Получение икры от зрелых самок трески проходило непосредственно в море на местах лова в районах нерестилищ, а инкубация икры до выхода предличинок из оболочек – в примитивных береговых аппаратах (рис. 1). Другим вариантом инкубации были аппараты МакДональда [15, 35]. За заводе в г. Глусестере могли одновременно инкубировать 25 млн икры трески, а на другом заводе (*Woods Hole*) – 65 млн. икринок.



INTERIOR VIEW OF GLOUCESTER HATCHERY—SHOWING COD BOXES IN OPERATION.

Рисунок 1 - Инкубационный цех одного из первых морских рыбоводных заводов [15]

«Теоретическими обоснованиями» рыбоводных работ были наивные представления первых рыбоводов о том, что природа «расточительна и несовершенна», а человек «рационален» и способен через искусственное разведение решить целый ряд проблем [27], главной из которых для морских рыб в то время был нелимитируемый промышленный лов, поскольку угрозы потери нерестилищ (как у лососевых рыб) у них не было.

Постепенно биотехника разведения трески усовершенствовалась. Близких к зрелости рыб стали выдерживать в бассейнах с проточной морской водой, где проходил нерест. Выметанную икру собирали сачками и переносили в инкубационные аппараты. Продолжительность эмбрионального периода – 2-3 недели (70 градусо-дней). Учет икры производился объемным способом: в 1 л содержится 350 тыс. икринок. Крупные морские рыбоводные заводы работали не только в шт. Массачусеттс, но и в шт. Мэн, Нью-Хемпшир, а позднее и в других штатах Северо-Востока США (Новая Англия) [15-16].

В Канаде первые заводы по искусственному разведению трески были открыты в 1889-90 гг. (Нью-Фаундленд, Лабрадор). Кроме атлантической трески объектами искусственного разведения были пикша *Melanogrammus aeglefinus*, сайка *Pollachius sp.*, и мерлуза *Merluccius sp*. [25, 30]. Позднее аналогичные заводы по разведению трески были открыты в Шотландии на Фарерских островах и в других северных странах.

В США выпуски личинок атлантической трески были полностью остановлены в 1952 г., в Норвегии – в 1971 г. [35]. Основная причина прекращения выпусков личинок – отсутствие промвозврата. Дело в том, что для трески характерна очень высокая смертность на ранних этапах онтогенеза, поскольку их промышленное выращивание, ввиду чрезвычайно малых размеров (2,2 мм при выклеве), оказалось на том этапе рыбоводства практически невозможным (хотя первую подрощенную на морском планктоне молодь трески вырастил еще Дж.Данневиг в 1889 г.) [35].

Естественная смертность личинок трески в природных условиях составляет от 5 до 30% в день, что компенсируется продолжительным порционным нерестом, в ходе которого 200 тысяч самок при средней плодовитости 5 млн откладывают до триллиона икринок. В течение первого месяца после выпуска погибает более 99% выпущенных личинок, а через 1 год остается 1 особь из 150 тыс., т.е. из 150 млн личинок выживает всего 1000 рыб в возрасте 1 года. Ко времени вступления в промысел «заводских рыб» становится еще меньше [25, 35].

В отличие от США, полностью прекративших работы с атлантической треской, в Норвегии, Канаде, Шотландии и ряде других стран, были продолжены попытки разработать промышленные методы выращивания жизнестойкой молоди этого вида, дающей высокий промвозврат при выпусках, и которую можно использовать как посадочный материал при товарном выращивании трески в морских садках. В результате, в 1983 г. в Норвегии было впервые выращено промышленным методом (через разведение на рыбоводных заводах морских коловраток) 75 тысяч крупной молоди трески, что стало толчком для развития европейской марикультуры [25, 35].

Симпозиум в г. Арендал (Arendal) в Норвегии, посвященный 100-летию разведения трески в 1983 г., подвел итоги и фактически признал бесперспективность выпусков личинок [17]. Массовые выпуски подрощенной молоди атлантической трески продолжались до 1997 г. в Норвегии, Дании, Швеции, на Фарерских островах, а потом стали заменяться товарным выращиванием. Была установлена повышенная смертность заводской молоди трески от бакланов и хищных рыб по сравнению с молодью от естественного нереста, связанная с различиями в поведении «диких» и «заводских» рыб [41]. В XXI в. выпуски атлантической трески были практически прекращены, а тихоокеанской трески (в США) - сведены к минимуму [17]. Возможная причина провала рыбоводных программ – очень высокая вариабельность личинок в различных «семействах» по выживаемости, в результате среди выжившей заводской молоди преобладало потомство очень ограниченного числа родительских пар, что усиливало эффект Раймана-Лайкре [26]. Более того, уже в последнее десятилетие практически завершилось и товарное выращивание

трески в садках, когда продукция аквакультуры упала с более чем 20 тыс т в 2009 г. до менее 2 тыс т в 2014 г. из-за высокой смертности на ранних этапах онтогенеза, резкого роста цен на рыбную муку и увеличения промышленных уловов восточно-атлантической трески [36].

В последние годы, однако, на фоне продолжающегося коллапса западно-атлантической (канадской) трески интерес к ее искусственному разведению в Северной Америке возрождается [30].

Камбалообразные рыбы. Несколько видов представителей семейства *Pleuronectidae* – американская зимняя камбала *Pseudopleuronectes americanus* и европейские виды - морская камбала *Pleuronectes platessa* и речная камбала *Plathychthys flesus* стали важнейшими объектами искусственного разведения на стыке XIX и XX веков в Северной Америке и Западной Европе, соответственно. Как и в случае с треской, развитию рыбоводства способствовала колоссальная плодовитость камбалообразных, исчисляемая миллионами мелких икринок, и легкость достижения овуляции при выдерживании производителей в преднерестном состоянии в искусственных условиях [15, 16].

В сезон 1896/97 гг. на американском заводе *Woods Hole* было заложено на инкубацию 84,5 млн икринок зимней камбалы, число личинок составило 64 млн. [15].

Второй после Северной Америки центр разведения камбалообразных рыб, возникший в конце XIX века - северные страны Западной Европы, прежде всего, Норвегия [16]. В 1935-39 гг. норвежские исследователи выпускали во фьорды гибридных личинок камбал *Pleuronectes platessa x Plathychthys flesus* и обнаружили высокую долю гибридов среди взрослых камбал. Эти результаты оказались довольно неожиданными для скептиков, т.к. свидетельствовали в пользу продолжения заводских выпусков. Только в конце XX в. была проведена проверка этих данных и установлено, что гибриды имеют значительно более высокую выживаемость, чем личинки морской камбалы *P. platessa,* т.е. использование гидридов в принципе не может быть индикатором успешности или неуспешности заводских выпусков [35].

В послевоенный период европейские рыбоводы постепенно перешли от пастбищной аквакультуры речной и морской камбал к товарной аквакультуре тюрбо *Scophthalmus maximus* (сем. *Scophthalmidae)* [34].

В 1960-х гг. возник третий центр разведения морских рыб, быстро обогнавший страны Северной Америки и северной части Западной Европы по объемам выпусков – это Япония, Южная Корея и Тайвань. Уже в 1980-90-е гг. в Японии работали 137 рыбоводных заводов (14 национальных, 40 префектурных, 21 городском и 53 в подчинении Ассоциации рыболовов), которые ежегодно выпускали 200 млн экз. молоди морских рыб 60 видов, из которых на первое место занимала ***японская камбала*** (ложный палтус) *Paralichthys olivaceus* (сем.

Paralichthyidae) [18]. Япония и в настоящее время выпускает в море более 20 млн подрощенной молоди паралихта в год.

Второй вид камбал, ставший в Японии и КНР объектом массовых выпусков – лиманда *Limanda yokohme*. В 1996 г. было выпущено 4,5 млн подрощенной молоди лиманды [38].

Выпускают также молодь пятнистого вераспера *Verasper variegatus* и вераспера Мозера *V. moseri* (сем. *Pleuronectidae)* [24].

Кроме Японии и КНР масштабные выпуски камбалообразных рыб проводят Южная Корея и Тайвань [23-24].

Тюрбо *Scophthalmus maximus* и его черноморский конспецифик - калкан *S. maeoticus* (некоторые исследователи объединяют калкана и тюрбо в один вид *S. maximus*) являются перспективными объектами товарной и пастбищной аквакультуры и в нашей стране [6].

Лососевые рыбы. Эта группа рыб характеризуется крупной икрой и, соответственно, невысокой рабочей пловитостью, поэтому по суммарным объемам выпусков личинок лососевые рыбы (особенно без учета сигов, которые также были объектами массового рыбоводства в конце XIX века) резко уступали трескообразным и камбалообразным рыбам по обе стороны Атлантики, за исключением России, где не занимались разведением морских рыб.

Наиболее важным объектом искусственного разведения в XIX веке считался атлантический лосось. Объемы выпусков этого вида, включая озерную (потамодромную) форму, никогда не были особо большими, однако измерялись в этот период миллионами экземпляров в год, что представляется огромными цифрами на сегодняшний день. Максимальные объемы выпусков молоди атлантического лосося зарегистрированы в провинциях *Maritimes* (Новая Шотландия, Нью-Брунсвик, о. Принца Эдварда) в 1959 г., когда суммарный выпуск составил около 35 млн экз., однако уже в 1960-е годы эти цифры резко снизились из-за недостатка производителей и перехода Канады к товарному выращиванию атлантического лосося в морских садках [43].

В США к концу XX века осталась только единственная популяция анадромного лосося (в р. Пенобскотт, залив Мэн), продолжавшая в течение второй половины XX века служить донором для других рек атлантического побережья. В 2010-е гг. реинтродукционные работы были прекращены из-за катастрофического состояния материнской популяции [9].

На тихоокеанском побережье США [45] и в Японии [24, 29] строительство рыбоводных заводов шло с задержкой на 10-15 лет по сравнению с атлантическим побережьем, Северной Америки и на 20-30 лет по сравнению с Западной Европой, в результате крупные лососевые заводы, способные инкубировать одновременно десятки милллионов икринок лососей, стали строиться только в XX веке.

В США основным, если не единственным объектом искусственного разведения среди тихоокеанских лососей долгое время была чавыча *Oncorhynchus tshawytscha*. Следующий вид, который заинтересовал рыбоводов – стальноголовый лосось/радужная форель *O. mykiss*, ставший объектом массовых интродукций во многих штатах США для поддержания спортивного рыболовства [9]. Первый сверхкрупный завод *Central (Bonneville) Hatchery*, способный инкубировать до 60 млн икринок лососей, был построен на притоке реки Колумбия *Tanner Creek* в 1909 г. Завод обеспечивал молодью лососей, в основном, чавычи, весь бассейн Колумбии. В этом же году начал работу крупный завод *Willamette River Hatchery,* а в 1918 г. на нем было заложено на инкубацию 11,4 млн. икринок весенней чавычи от 3,5 тыс. самок [45]. Более массовые, но менее ценные виды тихоокеанских лососей рыбоводов США в начале XX века еще не интересовали.

В Канаде, в отличие от США, основным объектом рыбоводства оказалась не чавыча, а нерка. Рыбоводы инкубировали икру нерки и выпускали на стадии «глазка», или при освобождении эмбрионов от оболочек в озера. Позднее эти методы были признаны абсолютно неэффективными [28].

В 1930 г. была опубликована (посмертно) первая серьезная критическая работа о искусственном разведении лососей. Автор Джон Кобб (Университет шт. Вашингтон) писал, что искусственное разведение представляет угрозу для популяций лососей и призывал вместо рыбоводных заводов строить рыбоходы. Дж. Кобб писал: «В некоторых слоях населения существует почти языческая вера в эффективность искусственного разведения рыб для компенсации вреда, наносимого человеком и животными, и ничто не наносит [природе] большего вреда, чем господство этой идеи». Цитировано по: [27].

После этой работы, вышедшей в годы Великой депрессии, когда стало не до рыбоводства, многие заводские программы Северной Америки по лососевым рыбам были сокращены или остановлены, при этом годы Великой Депрессии, несмотря на масштабную засуху и пересыхание нерестилищ, в целом способствовали восстановлению запасов лососевых рыб [27]. Начиная с 1930-х гг., рыбоводы стали переходить от выпуска личинок и ранней молоди (fry) без кормления в заводских условиях к выпуску подрощенной молоди (parr) [45], что потребовало усложнения биотехники и производства кормов. В Британской Колумбии (Канада) к 1938 г. все государственные рыбоводные заводы были закрыты [28].

В 1952 г. выпуски заводской молоди тихоокеанских лососевых в шт. Вашингтон составили всего 17,2 млн. молоди (чавыча – 5,6 млн., кижуч – 5,5 млн., кета – 6 млн.). В последующие годы заводское рыбоводство быстро развивалось и уже в 1960 г. было выпущено около 60 млн. молоди чавычи, а

общий объем выпусков тихоокеанских лососей в США достиг 78 млн. Вторым после чавычи видом был кижуч (11,5 млн. экз.), затем шла кета (7 млн. экз.). [33].

Быстрый рост общемировых выпусков заводской молоди тихоокеанских лососей за счет наиболее массовых видов начался только в 1970-е гг, при массовом строительстве рыбоводных заводов на Аляске [8] и резком увеличении объемов искусственного разведения кеты в Японии [24]. В результате выпуск молоди тихоокеанских лососей достиг к началу 1990-х гг. величины порядка 5 млрд особей в год (одна Япония выпустила в 1991 г 2,1 млрд. молоди), что вывело эту группу рыб на первое место в мире, одновременно запустив дискуссии о целесообразности заводских выпусков [20-21], поскольку расчетного увеличения уловов лососевых рыб (в соответствии с предполагаемыми коэффициентами промвозврата) не последовало.

На рисунках 2 и 3 представлены сканы таблиц *North Pacific Anadromous Fish Commission*) с цифрами объемов выпусков по странам и видовой структуре выпусков [32].

Первые два места по объемам выпусков делят Япония и США. На третьем месте – Россия, резко оторвавшаяся за последние 30 лет от Канады и «компенсировавшая» работой своих рыбоводных заводов сокращение канадских выпусков. На 5 месте – Южная Корея с очень ограниченными объемами выпусков, а также небольшими объемами промышленного вылова этих рыб.

Annual hatchery releases of salmon and steelhead trout by country in thousands of fish, 1993–2019.

Year	Total	Canada	Japan	Republic of Korea	Russia	United States
1993	5,068,293	527,021	2,115,886	14,660	531,507	1,879,219
1994	4,876,899	481,901	2,208,415	16,110	458,718	1,711,755
1995	4,979,591	405,820	2,153,425	15,800	488,609	1,915,937
1996	5,138,010	297,314	2,165,182	15,850	626,561	2,033,103
1997	4,872,642	451,683	2,076,990	16,340	618,718	1,708,912
1998	4,817,396	335,529	2,029,858	19,410	616,587	1,816,012
1999	4,795,031	397,640	2,025,782	21,500	566,449	1,783,660
2000	4,783,789	335,223	1,972,179	19,000	669,733	1,787,655
2001	4,667,963	287,041	1,988,137	5,620	590,377	1,796,788
2002	4,988,461	437,196	2,008,659	10,450	688,070	1,844,086
2003	4,931,758	424,447	1,998,032	14,735	616,089	1,878,456
2004	5,117,702	455,685	1,977,206	12,930	685,845	1,986,036
2005	4,920,532	418,860	2,004,423	11,258	684,097	1,801,895
2006	4,805,272	364,644	2,003,373	7,358	676,393	1,753,504
2007	5,179,339	377,272	2,036,216	13,796	843,154	1,908,901
2008	5,104,826	326,237	2,033,461	16,574	927,821	1,800,733
2009	4,959,682	300,241	1,974,132	5,853	901,674	1,777,782
2010	5,256,882	313,740	2,011,448	17,194	1,033,530	1,880,970
2011	4,530,898	343,178	1,359,109	20,900	935,231	1,872,480
2012	5,026,540	315,174	1,794,400	7,630	906,495	2,003,125
2013	4,964,721	291,262	1,728,521	9,710	1,039,059	1,896,170
2014	5,310,532	239,860	1,903,024	28,250	1,062,358	2,077,040
2015	5,162,402	294,758	1,874,339	27,650	1,023,334	1,942,321
2016	5,128,128	281,718	1,897,917	21,950	967,278	1,959,267
2017	5,055,823	368,075	1,760,203	18,157	1,043,939	1,865,449
2018	4,909,642	261,728	1,648,061	10,710	842,297	2,146,846
2019	5,517,363	384,404	1,917,888	10,950	1,181,415	2,022,706
Mean 93–19	4,995,190	359,913	1,950,602	15,198	786,123	1,883,363
% 93–19	100.00	7.21	39.05	0.30	15.74	37.70

Рисунок 2 - Оригинал таблицы NPAFC по объемам выпусков заводской молоди тихоокеанских лососей различными странами по годам (в тыс. экз) [32]

Особое внимание следует уделить изменениям видовой структуры выпусков тихоокеанских лососей. Если в начале XX века основным объектом заводского воспроизводством на тихоокеанском побережье была чавыча (другое название - «королевский лосось»), то к концу XX века главными объектами рыбоводства стали кета *O. keta* и горбуша *O. gorbuscha*. Далее с большим отставанием идут нерка (в основном, за счет канадских выпусков) и чавыча (объект «традиционного рыбоводства в бассейне р. Колумбия).

Year	Total	Sockeye	Pink	Chum	Coho	Chinook	Steelhead	Cherry
1993	5,068,293	300,572	1,365,381	2,943,437	122,403	289,037	30,112	17,351
1994	4,876,899	269,295	1,216,758	2,941,606	113,659	291,930	28,936	14,716
1995	4,979,591	211,427	1,300,905	2,992,948	110,106	321,747	29,357	13,101
1996	5,138,010	147,840	1,486,612	3,038,969	120,119	301,877	25,830	16,763
1997	4,872,642	337,296	1,229,944	2,870,620	106,463	282,690	27,779	17,849
1998	4,817,395	154,765	1,370,802	2,855,106	102,547	290,037	28,940	15,199
1999	4,795,031	212,627	1,302,098	2,862,337	108,981	266,158	26,795	16,035
2000	4,783,789	184,795	1,372,090	2,839,454	98,848	249,089	23,923	15,590
2001	4,667,963	197,866	1,368,425	2,716,143	98,189	246,422	26,588	14,331
2002	4,988,461	317,200	1,453,194	2,813,583	96,904	267,891	26,029	13,659
2003	4,931,759	320,843	1,358,765	2,848,431	91,965	271,029	23,774	16,951
2004	5,117,702	376,046	1,421,126	2,914,816	99,107	261,499	24,896	20,211
2005	4,920,532	296,256	1,244,011	2,995,944	87,705	259,983	23,703	12,931
2006	4,805,272	249,820	1,306,604	2,875,871	79,899	253,444	24,878	14,758
2007	5,179,339	266,585	1,425,978	3,087,684	86,084	272,085	24,419	16,504
2008	5,104,825	253,667	1,388,517	3,083,805	84,166	253,829	25,788	15,052
2009	4,959,682	228,749	1,333,956	3,014,869	84,361	257,344	24,722	15,681
2010	5,256,882	241,268	1,445,183	3,177,015	88,126	265,602	23,468	16,220
2011	4,530,898	299,441	1,383,926	2,467,317	86,339	259,154	22,487	12,234
2012	5,026,824	221,990	1,337,283	3,095,268	80,951	256,443	22,223	12,666
2013	4,964,722	229,243	1,254,192	3,113,749	82,858	250,541	21,863	12,275
2014	5,297,068	180,928	1,509,085	3,251,879	80,331	239,480	22,825	12,538
2015	5,162,402	267,662	1,364,528	3,202,848	72,470	224,273	21,492	9,130
2016	5,128,130	220,061	1,226,893	3,339,680	75,742	237,930	19,848	7,976
2017	5,055,823	246,487	1,248,388	3,242,710	68,132	220,741	20,364	9,003
2018	4,909,642	214,877	1,436,991	2,915,163	80,455	234,610	20,322	7,224
2019	5,517,363	341,120	1,356,795	3,468,630	82,122	240,703	19,858	8,135
ean 93–19	4,994,701	251,434	1,352,164	2,998,885	92,186	261,688	24,490	13,855
% 93–19	100.00	5.03	27.07	60.04	1.85	5.24	0.49	0.28

Рисунок 3 - Оригинал таблицы NPAFC по объемам выпусков заводской молоди тихоокеанских лососей различными странами по видам: нерка, горбуша, кета, кижуч, чавыча, стальноголовый лосось, сима (в тыс. экз) [32]

Дискуссия о возможности увеличения промышленных уловов тихоокеанских лососей через заводские выпуски ведется с момента выхода работ Р. Хилборна и Д. Эггерса, изучавших динамику нерестовых ходов горбуши в реках залива Принца Вильяма и о. Кодиак [19-21, 42]. Было установлено, что увеличение статистических уловов лососей на Аляске связано с двумя причинами: 1) общим увеличением продуктивности Мирового океана, которая имеет циклы продолжительностью несколько десятилетий, 2) включением в статистику уловов рыбы, использованной для рыбоводства, тогда как при естественном нересте эта же рыба осталась бы в реке и не была учтена статистикой.

Объемы промышленных уловов тихоокеанских лососей и структура уловов по видам за период с 1993 по 2019 г. приведены на рис 4. и рис. 5. Можно отметить, что годовые уловы лососей за последние 30 лет остаются достаточно стабильными (в среднем 916,7 тыс т) и не испытывают тенденцию к понижению, однако происходит их перераспределение между странами без учета вклада этих

стран в процесс заводского воспроизводства, а точнее ***в обратной зависимости от работы рыбоводных заводов.***

Year	Total	Canada	Japan	Republic of Korea	Russia	United States
1993	874,660	92,357	208,806	299	170,235	402,963
1994	887,891	71,392	221,102	341	186,685	408,371
1995	991,744	52,838	253,111	358	218,429	467,008
1996	914,124	36,513	296,549	538	176,272	404,251
1997	846,813	50,394	251,739	553	244,793	299,333
1998	812,625	32,075	202,845	394	246,136	331,175
1999	848,536	18,057	174,324	285	242,086	413,784
2000	728,581	20,488	164,736	51	210,554	332,753
2001	837,026	28,758	209,680	107	232,243	366,238
2002	743,243	38,485	217,936	170	183,515	303,136
2003	940,063	42,405	280,781	115	237,157	379,605
2004	835,887	30,457	253,857	97	167,843	383,634
2005	986,368	31,811	239,246	55	266,375	448,881
2006	871,084	26,902	222,662	102	275,254	346,164
2007	1,039,495	21,878	227,088	239	348,706	441,585
2008	767,702	5,848	172,041	220	260,324	329,269
2009	1,137,689	20,440	218,311	134	551,512	347,292
2010	914,803	30,304	172,034	139	326,582	385,743
2011	1,055,590	25,979	142,480	73	505,971	381,088
2012	888,109	10,036	128,049	72	439,617	310,336
2013	1,111,204	29,926	164,458	222	405,884	510,714
2014	866,392	37,698	144,281	437	338,303	345,673
2015	1,038,848	17,545	136,613	488	368,568	514,634
2016	852,897	21,489	111,269	256	439,469	280,414
2017	924,847	13,838	70,860	182	353,096	486,870
2018	1,067,205	12,609	91,314	240	676,201	286,841
2019	968,729	2,973	59,460	130	499,207	406,959
Mean 93–19	916,747	30,500	186,505	233	317,445	382,026
% 93–19	100.00	3.33	20.34	0.03	34.63	41.67

Note: 2006–2019 catches do not include catch by foreign fleets operating in the Russian EEZ

Рисунок 4 - Оригинал таблицы NPAFC по объемам промышленного лова тихоокеанских лососей различными странами по годам (в тоннах). Примечание под таблицей: данные 2006-2019 гг. не включают объемы вылова иностранных рыболовных флотов в российской экономической зоне [32]

Основные промысловые виды – горбуша (в среднем, 410,0 тыс т в год), кета (318,6 тыс т в год) и нерка (153,0 тыс т в год). Далее с большим отставанием идут кижуч (23,5 тыс т), чавыча (10,2 тыс т), сима (1,2 тыс т) и стальноголовый лосось/микижа – всего 155 т в среднем в год. Колебания суммарных годовых уловов связаны, прежде всего, с «урожайными» и неурожайными уловами горбуши, которые сохраняются, несмотря на стабильные объемы заводских выпусков горбуши.

Year	Total	Sockeye	Pink	Chum	Coho	Chinook	Steelhead	Cherry
1993	874,660	245,998	305,476	279,843	25,905	15,631	264	1,543
1994	887,891	185,004	323,188	317,972	46,354	13,482	197	1,694
1995	991,744	191,620	392,533	360,938	30,977	14,107	166	1,403
1996	914,124	182,965	288,786	401,616	28,455	10,413	213	1,677
1997	846,813	133,452	338,678	345,341	14,456	13,703	194	990
1998	812,625	77,787	388,726	314,525	19,916	9,764	177	1,731
1999	848,536	127,180	408,974	286,490	15,829	8,813	120	1,129
2000	728,581	121,730	293,911	284,725	18,640	8,473	148	954
2001	837,026	107,818	388,582	309,357	21,097	9,172	222	777
2002	743,243	103,198	277,280	324,278	22,496	14,707	149	1,135
2003	940,063	112,888	421,099	370,228	19,084	15,393	144	1,226
2004	835,887	143,260	294,107	356,653	24,219	16,566	158	924
2005	986,368	145,443	489,518	317,816	19,036	13,600	0	955
2006	871,084	145,900	333,998	361,564	18,216	10,206	0	1,199
2007	1,039,495	158,759	525,286	327,682	16,968	9,113	188	1,499
2008	767,702	131,503	309,652	296,293	21,992	6,667	212	1,382
2009	1,137,689	146,250	604,299	359,306	20,015	6,328	169	1,322
2010	914,803	172,924	398,509	313,865	20,918	6,915	202	1,470
2011	1,055,590	150,511	595,075	279,608	19,735	8,962	194	1,506
2012	888,109	143,657	413,399	306,103	16,024	7,912	144	871
2013	1,111,204	133,625	590,369	345,593	30,605	9,556	155	1,302
2014	866,392	176,966	307,215	329,591	39,168	12,447	189	816
2015	1,038,848	182,455	461,557	355,872	27,814	10,358	212	579
2016	852,897	183,135	353,184	285,272	22,411	7,517	182	1,196
2017	924,847	175,839	449,067	267,004	26,300	5,947	93	596
2018	1,067,205	171,548	592,144	272,542	25,110	4,519	68	1,274
2019	968,729	179,200	525,343	233,943	23,167	5,562	20	1,494
Mean 93–19	916,747	152,986	409,998	318,667	23,515	10,216	155	1,209
% 93–19	100.00	16.69	44.72	34.76	2.57	1.11	0.02	0.13

Note: 2006–2019 catches do not include catch by foreign fleets operating in the Russian EEZ; yearly totals from 1993 to 2016 include Korean catches.

Рисунок 5 - Оригинал таблицы NPAFC по видовой структуре промышленного лова тихоокеанских лососей различными странами по годам (в тоннах). Примечание под таблицей: данные 2006-2019 гг. не включают объемы вылова иностранных рыболовных флотов в российской экономической зоне [32]

Наиболее сильное сокращение общих уловов отмечено в Канаде – с 92,4 тыс т в 1993 г. до 3,0 тыс т в 2019 г., и в Японии – с 208,8 тыс т до 59,5 тыс т, соответственно, тогда как их более северные соседи (США, штат Аляска, и Россия), наоборот, несколько увеличили уловы.

Япония, создавшая массовые промысловые стада кеты за пределами нативного ареала, является одним из мировых лидером в области пастбищной и садковой аквакультуры. Японские технологии искусственного разведения и товарного выращивания различных видов рыб используются во всем мире, поэтому снижение промысловых уловов в 4 раза на фоне постоянного совершенствования методов рыбоводства требует какого-то объяснения.

В качестве возможных причин резкого сокращения японских уловов по С. Китада [23-24] отмечает повышение температуры поверхностных слоев моря и вылов российскими рыбаками. Аргументы относительно вылова лососей Россией остаются весьма спорными, поскольку после запрета дрифтерных сетей

в 2016 г., практически весь официальный лов лососей ведется при их заходе в реки, однако систематически повторяющиеся нарушения российского рыболовного законодательства с незаконной продажей морских (наиболее ценных) уловов лососей в Японию [5] создают предпосылки для подобных спекуляций.

Другая, более вероятная причина снижения японских уловов – это последствия длительного искусственного разведения. Как убедительно показал Дж Лихатович [27] (в России выпущена книга этого автора – «Лосось без рек», но мы цитируем автора по американской публикации), рыбоводные заводы в принципе не могут решить проблему воспроизводства тихоокеанских лососей. Особенно четко это проявляется в районах «традиционного рыбоводства», т.е. там, где первые рыбоводные заводы появились 100-150 лет назад. Как правило, на первых порах рыбоводство дает ощутимый эффект, но через ряд заводских поколений, коэффициенты промыслового возврата снижаются [26]. Эту же точку зрения, как наиболее вероятную, рассматривает и С. Китада в последней работе [24], отмечая, как главную причину сокращения японских уловов кеты последствия длительного заводского разведения – изменения генетической структуры популяции и пониженный репродуктивный успех у заводских рыб.

В отличие от российских рыбоводов, японцы хорошо понимают опасность длительного искусственного разведения и принимают максимум усилий для сокращения доли заводского воспроизводства в поддержании популяций кеты – основного вида лососевых на японских островах. Если в конце XX века практически все возвращающиеся лососи были заводского происхождения, то в настоящее время доля дикой кеты достигает уже 16-28% в 8 реках о. Хоккайдо, а на о. Хонсю «дикая» кета появилась в 94% рек (из 47), на которых есть искусственное воспроизводство и в 75% рек (также из 47), на которых рыбоводные заводы отсутствуют [24].

По причине относительно коротких сроков заводского воспроизводства слабо изменились небольшие уловы лососей Южной Кореи, которые составили в 2018 г. 240 т (максимум – 553 т в 1997 г. и минимум 72 т в 2012 г).

На Аляске, где рыбоводные работы начаты только в 1970-е годы, эффективность искусственного разведения остается выше, чем в Канаде, или в штатах Вашингтон/Айдахо/Орегон/Калифорния. Можно добавить, что на территории вышеперечисленных штатов США все виды тихоокеанских лососей (за исключением горбуши) имеют статус «краснокнижных» [8].

Отр. Perciformes. Отряд окунеобразных объединяет в настоящее время около 20 подотрядов, претендующих на статус самостоятельных отрядов. Разведение окунеобразных началось во второй половине XIX века и охватило виды, нерестящиеся как в пресной, так и в морской воде. Наиболее важный объект разведения - белоперый судак *Sander vitreus* [11, 40], однако рыбоводы

занимались почти исключительно потамодромными формами этого вида (полуанадромные формы присутствуют только в бассейне залива Мэн), тогда как обзор посвящен морским и анадромным рыбам.

В пособии по искусственному разведении морских рыб начала XX века отмечено, что в 1896 г. было заготовлено 24 млн икры скумбрии *Scomber scombrus* при «относительно низком выходе личинок» [15]. Кроме скумбрии, в небольших объемах разводили и более ценных представителей сем. *Scombridae:* голубого тунца *Thunnus thynnus*, королевскую макрель *Scomberomorus sp*. и др. Основным лимитирующим фактором для разведения тунцов и макрелей, как легко догадаться, было отсутствие методов гормональной стимуляции в тот период.

После открытия современных методов индукции овуляции хориогонином и аналогами ЛГ-РГ список морских и солоноватоводных окунеобразных рыб, ставших объектами пастбищной аквакультуры, существенно увеличился [12, 14].

Наиболее важное для пастбищной аквакультуры семейство окунеобразных – спаровые рыбы (***Sparidae***) - красный пагр *Pagrus major*, золотистый пагр, или астралийский снаппер *Pagrus auratus*, колючий пагр Шлегеля *Acanthopagrus schlegeli*, дорада (морской карась) *Sparus aurata*.

Другое важное семейство – сциеновые, или горбылевые ***(сем. Sciaenidae).*** Их его представителей могут быть отмечены большой желтый горбыль *Larimichthys croceus* (КНР) и красный горбыль *Sciaenops ocellatus* (США). Ежегодные объемы выпусков - 25-30 млн в год по каждому виду. К этому же семейству относится пятнистый судачий горбыль *Cynoscion nebulosus* - выпуски 2,5-3 млн в год (США).

В Японии проводят выпуски японского горбыля *Argyrosomus japonicus,* длина которого достигает 2 м, а вес – 75 кг.

Окунеобразные рыбы в настоящее время уверенно вышли на второе место по суммарным масштабам выпусков в мире после лососевых рыб (без учета беспозвоночных). Из представителей других отрядов важными объектами современной пастбищной аквакультуры являются лобан *Mugil cephalus,* тихоокеанская сельдь *Clupea palassi,* бурый скалозуб (рыба-фугу) *Takifugu rubripes* и некоторые другие виды [12, 14].

Десятиногие ракообразные (Decapoda). Развитие пастбищной аквакультуры десятиногих ракообразных началось в конце XIX века, когда важнейшим объектом пастбищной аквакультуры стал американский омар *Homarus americanus* [15], достигающий массы тела 15-20 кг и длины 0,8 м.

Уже в 1886 г. только на рыбоводной станции *Woods Hole Station* в США (шт. Массачусеттс) было собрано и проинкубировано несколько миллионов яиц омара. Рыбаки вылавливали самок с икрой, снимали ее с брюшка самок (которые шли на продажу), и помещали в специальные инкубационные аппараты. Период

инкубации – до естественных сроков вылупления. Яйца самок, пойманных в октябре, развивались до мая. С 1887 по 1890 г. было собрано 17,8 млн яиц. Выход молоди составил 54%. В 1894 г. сбор яиц достиг 97 млн., кроме того, 10 млн яиц было собрано в Глосестере. В 1897 г. сбор яиц омара достиг в двух хозяйствах 133,5 млн, выход молоди, В 1896 г. сбор яиц омара составил 105,2 млн, а выход молоди - 115,6 млн (90%) [15].

В штате Род-Айленд аквакультура американского омара началась в 1898 г., при этом основное внимание было уделено подращиванию личинок до жизнестойких стадий (IV – V). Объемы выпусков были существенно ниже, чем в шт. Массачусеттс и измерялись сотнями тысяч экземпляров, достигнув уровня 1 млн в год к началу 1920-х гг. [37].

В 20 веке были построены заводы-инкубатории в Европе для разведения обыкновенного омара *Hommarus gammarus*, который имеет меньшие размеры, чем американский омар - до 50 см и 6 кг. Технология разведения омаров изменилась по сравнению с XIX веком. Рыбоводы перестали снимать икру с брюшка самки, перейдя к выдерживанию «беременных» самок до вылупления личинок с дальнейшим выращиванием личинок до жизнестойких стадий в условиях, близких к естественным. Только после этого молодь выпускают в природные условия [23, 37].

В Японии аналогичным образом разводят колючего японского омара *Panulirus japonicus* [31]. Кроме этого вида разводят с целью «пополнения популяций» и менее ценные виды, важнейшими из которых являются японская креветка (Kuruma prawn) *Panaeus japonica*, китайская креветка *Penaeus semisulcatus* и грязевый краб *Scylla serrata* [24].

Объемы выпусков молоди японской креветки составляли в 1993-е гг. – 300 млн в год (рис. 6), через 10 лет они сократились примерно в 2 раза [39], тенденция на сокращение выпусков сохраняется [43].

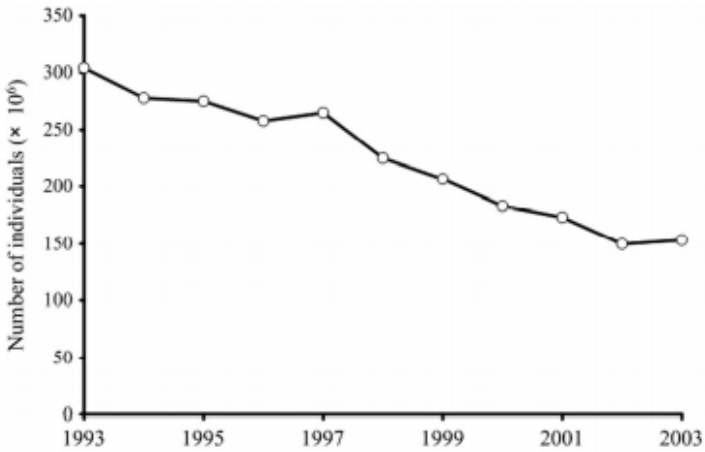


Рисунок 6 - Годовые объемы выпусков молоди японской креветки в Японии в 1993-2003 гг. [39]

В России проводятся экспериментальные работы по разведению различных ракообразных, включая камчатского краба (крабоида) *Paralithodes camtschaticus,* но основная цель этих работ - товарная аквакультура [2-3].

Моллюски Mollusca. Выделяется несколько классов моллюсков, ставших объектами пастбищной аквакультуры.

Среди ***брюхоногих моллюсков*** (Gastropoda) наиболее важное семейство (прежде всего, в Японии) – *Haliotidae* (морские ушки), предствители семейства – *Haliotis aquatilis, H. diversicolor, H. discus, H. madaka, H. gigantea*. К брюхоногим моллюскам, которых разводят на морских заводах с целью пополнения природных популяций, относятся также трубачи (сем. *Buccinidae*) – многоребристая нептунея *Neptunea policostata*, фусинус *Fusinus perplextus* и турбиниды (сем. *Turbinidae*) – улитки-турбо *Turbo cornutus, T. marmoratus* [23-24, 39].

К наиболее известным ***двустворчатым моллюски*** (*Bivalvia*) относятся мидии и устрицы, разведением которых занимается обычная товарная аквакультура. Среди объектов выпусков в природную среду выделяются следующие представители класса ***Bivalvia***:

сем *Pectinidae* (гребешки) – приморский гребешок *Patinopecten (Mizuhopecten) yessoensis,*

сем. *Trachicnidae* (тридакны) – тридакна *Tridacna crocea,*

сем. *Veneridae* (венериды) – морской петушок *Ruditapus philippinarum* и меретрикс *Meretrix lamarckii,*

сем. *Mactridae* (мактриды)– сахалинская мактра *Pseudocardium sakhalinense,* гуидак *Tresus keenae,*

сем. Solecrutidae – китайский моллюск-бритва *Simonovacula constricta* [23-24, 39].

Среди ***головоногих моллюсков*** (Cephalopoda) объектами выпусков является молодь обыкновенного осьминога *Octopus vulgaris* (сем. *Octopodidae*) [24, 39].

Иглокожие Echinodermata. Среди этой группы животных объектами пастбищной аквакультуры являются голотурии (морские огурцы) и морские ежи.

Голотурии (класс *Holothuroidea*) распространены в верхней сублиторали теплых районов океана, где образуют скопления биомассой до нескольких килограммов на одном квадратном метре. Многие виды (преимущественно тропические) являются объектами промысла, например трепанг, которому издавна приписывают помимо гастрономических и лечебные свойства. Тело

трепанга — это мускулистый мешок, в мышцах которого отсутствуют пластинки (спикулы), что делает трепанга особо ценным пищевым объектом.

По форме тела трепанг в спокойном состоянии напоминает крупных червей, но при раздражении тело сокращается и становится шарообразным. Промысел голотурий ведется очень среднегодовой вылов составляет около 15 тыс. т. В пищу употребляют в сыром виде икру, легкие, а кожно-мышечный мешок голотурий варят, сушат и коптят. Из сушеной голотурии готовят супы, рагу и др. В последние годы голотурии привлекли внимание фармакологов и биохимиков, так как в них были обнаружены тритерпеновые гликозиды — химические соединения, обладающие высокой биологической активностью.

Эти вещества оказывают антигрибное, антиопухолевое, действия и могут найти применение в медицине в качестве нейромышечных и хемотерапевтических антираковых препаратов. Наиболее важный вид для пастбищной аквакультуры – японский морской огурец *Stichopus japonicus*. [39].

Морские ежи. Наиболее важное семейство для пастбищной аквакультуры *Strongilocentodidae*. К нему относятся такие виды как *Pseudocentrotus depressus, Hemicentrotus pulcherimus, Strongilocentrotus nudus, S. intermedius.* Разводят и представителей других семейств - *Tripneustes gracilis (сем. Toxopneustidae)* [39].

Оба класса иглокожих привлекают внимание российских гидробиологов [1]. Разработанный в ТИНРО-центре метод позволяет получать молодь морского черного ежа *Strongilocentrotus nudus* жизнестойких стадий в любое время года.

Генетические последствия выпусков заводской молоди гидробионтов. Несмотря на стремление максимально сократить издержки на получение и выращивание молоди гидробионтов, генетические исследования изменений природных популяций стали обычным явлением в западных странах и Японии. Основные факторы, влияющие на изменения генетической структуры популяции под влиянием искусственного разведения были подробно рассмотрены нами в одном из более ранних обзоров [13]. Эти же вопросы затронуты в обзорах С. Китада [23-24].

При проведении массовых заводских выпусков генетики обычно оценивают: изменения генетического разнообразия (встречаемость тех или иных аллелей), сокращение эффективного размера популяции, эффект Раймана-Лайкре (показатель вероятности инбридинга), репродуктивный успех и др. [23-24].

Изменения генетической структуры популяций гидробионтов под влиянием селективного рыбоводства ограничивают длительность потенциально возможного искусственного разведения – через определенное число поколений происходит сокращение эффективного размера популяции до критических значений, а при продолжении заводского воспроизводства популяция либо полностью исчезает, либо оказывается в зависимости от «внешнего

генетического материала», т.е. от выпусков молоди, получаемой от производителей из чужих рек, или из сформированных на рыбоводных заводах ремонтно-маточных стад [13].

Оценка эффективности выпусков молоди гидробионтов. Развитие морской пастбищной аквакультуры долгое время шло без расчетов экономической эффективности. Статистически безрезультативность выпусков личинок трески (наиболее массового объекта морской пастбищной аквакультуры) была доказана только в 1971 г., когда было принято решение о прекращении подобных выпусков в Норвегии [35]. С этого времени западные ихтиологи и рыбоводы очень большое внимание стали уделять методам оценки эффективности рыбоводных программ и методам маркирования рыбоводной продукции. Для оценки эффективности выпусков на Западе обычно используются три основных показателя [23-24]:

– коэффициент повторного вылова (*recapture rate*, ***RR***), который соответствует российскому коэффициенту промыслового возврата, однако учитывает все возможные формы вылова, а не только промышленное рыболовство);

-индекс влияния зарыбления на промышленные уловы (index of stocking impact), отражающий вклад заводских программ в увеличение уловов, другими словами, это процент особей заводского происхождения в промышленном улове;

- экономическую эффективность выпусков, т.е. соотношение «добавленного улова» к произведенным затратам на рыбоводство.

Экономическая эффективность выпусков не зависит напрямую от RR (коэф. промвозврата), т.е. нельзя утверждать, как это делают некоторые авторы [4], что если возврат ниже какого-то показателя (например, менее 30%), то пастбищная аквакультура теряет смысл. Если стоимость одной выпускаемой особи невелика, а счет идет на многие миллионы особей, при этом отработана система компенсации расходов за счет промышленных уловов, то рыбоводные программы оказываются «экономически эффективными» и при возвратах много ниже, чем упомянутые 30%.

С. Китада [23] дает широкий спектр RR, при которых выпуски считаются эффективными в Японии – от 34,5% для японского гребешка_*Mizuhopecten yessoensis* до 0,9% у грязевого краба *Scylla serrata*. Чем дольше выращивается молодь в заводских условиях, тем выше ее себестоимость, поэтому важно подобрать оптимальное соотношение цены продукции и коэф. промвозврата.

Максимальная экономическая эффективность за многолетний период отмечена при выпусках кеты о. Хоккайдо, средне-многолетний показатель RR для которой (9,6%) несколько выше среднего значения RR для всех морских гидробионтов (8,2%). Для возмещения затрат на заводское воспроизводство промысловики о. Хоккайдо отдают 7% стоимости уловов, что окупает расходы

на рыбоводство [23-24]. Вместе с тем, подобный формальный метод компенсации расходов на рыбоводство не всегда отражает фактический вклад заводов в произведенную продукцию, делая расчеты «экономической эффективности» выпусков весьма условными.

Второй важный показатель эффективности рыбоводных программ – доля заводских особей в уловах. «Взнос» искусственного разведения в промышленный улов японского паралихта составляет 11 ± 4%, а в уловы красного пагра - 7 ± 2% (то есть ниже межгодовых колебаний промышленных уловов). В течение последних 20 лет количество выпускаемой молоди сократилось для паралихта на 50%, а для красного пагра – на 63%, при этом уловы обоих видов остались стабильными, или несколько возросли. Это указывает на то, что выпуски молоди не приводят к достоверному увеличению популяции. Анализируя эти данные, С. Китада очень осторожно оценивает эффективность пастбищной аквакультуры в целом, отмечая, что если принимать во внимание все факторы, включая генетическое воздействие на природные популяции, то практически все заводские программы (за исключением японского гребешка с RR=34,5% и кеты с RR=9,6% на о. Хоккайдо, где рыбаки оплачивают труд рыбоводов) являются неэффективными. Кроме того, отмечая «эффективность» заводских программ с кетой, необходимо учитывать, что с 1996 г. происходит неуклонное сокращение ее популяций как следствие длительного искусственного разведения [24].

Перспективы пастбищной аквакультуры. Морская пастбищная аквакультура сохраняется в ряде стран мира, особенно в странах с высокой плотностью населения при ограниченности береговой линии, когда новые товарные хозяйства создавать уже негде (в Японии, на Тайване), однако ее популярность продолжает снижаться, а «самоокупаемость» может возникать только через формальное отчисление определенного процента стоимости промышленных уловов, которое превращается в подобие «налога на промысел». Основным преимуществом пастбищной аквакультуры перед садковой является более высокое качество мяса гидробионтов, выросших в природных условиях. В целом, однако, пастбищная аквакультура несет много рисков, главный из которых - генетическое влияние выпускаемой заводской молоди гидробионтов на природные популяции, которое проявляется далеко не сразу.

Основные факторы успешной марикультуры:

1. Выбор удачных объектов, обеспечивающих максимальную эффективность рыбоводства. Наиболее важными объектами пастбищной аквакультуры остаются тихоокеанские лососи, прежде всего - три важнейших вида – кета, горбуша и нерка, однако общий перечень разводимых видов с целью выпусков в природные условия включал в 2011-2016 гг. 187 морских и анадромных видов гидробионтов. При развитии пастбищной аквакультуры

нельзя забывать о первостепенном значении естественного нереста для сохранения природных популяций [23-24].

2. Обязательный мониторинг возвратов через мечение рыбоводной продукции и расчет коэффициентов повторного вылова (промвозврата). За исключением тихоокеанских лососей, для которых применяют нанесение метки на отолиты термо- или «сухим» методом, для всех других гидробионтов используют окситетрациклиновое маркирование (которое уходит в прошлое) или современные методы генетического анализа [23].

3. Расчет экономической целесообразности выпусков и определение оптимального стандарта рыбоводной продукции. Это наиболее сложный вопрос, поскольку в ряде случаев «заводская продукция» всего лишь замещает «дикую», не давая фактического увеличения популяции, численность которой лимитируется емкостью среды (наличием кормовых ресурсов и другими экологическими факторами).

4. Максимальное разделение «диких» и заводских стад с постоянным контролем генетических последствий искусственного разведения.

Список использованных источников

1. Акулин В.Н., Дзизюров В.Д., Поздняков С.Е. Аквакультура на Дальнем Востоке: вчера, сегодня, завтра. Труды ВНИРО, т. 153, 2015, с. 121-136.
2. Ковачева Н.П. Искусственное воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda. Автореферат дисс. на соискание степени д.б.н., М. 2006, 56 с.
3. Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В., Назарцева М.Ю. Достижения искусственного воспроизводства камчатского краба (Paralithodes camtschaticus) на Дальневосточном и Северном рыбохозяйственном бассейнах. Рыбное хозяйство, 2012, № 3, с. 63-67.
4. Козлов В.И., Козлов А.В. Учебник по товарному рыбоводству: экономические решения: учеб. для вузов.- М.: Изд-во ФГУ «Росинформагротех», 2017. - 260 с.
5. Маренин К. В паучьих сетях дрифтера. 01.11.2020. http://rybak-kamchatky.ru/news/233-v-pauchih-setjah-driftera.html
6. Маслова О.Н. Разведение и товарное выращивание черноморской камбалы-калкана Scophthalmus maeoticus: проблемы и методы. Труды ВНИРО, т. 150, 2013, с. 35-49.
7. Тренклер И.В. «Консервационная аквакультура» США и Канады: 1. Редкие и исчезающие виды. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2016, № 11, с. 58-70.

8. Тренклер И.В. Рыбоводные программы Северной Америки: 1. Лососи и другие рыбы тихоокеанского побережья. Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2018, № 1, стр. 54-46.

9. Тренклер И.В. Рыбоводные программы для повышения запасов ценных видов рыб в Северной Америке: 2. Атлантическое побережье. Лососевидные рыбы. Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2018, № 2, с. 60-76.

10. Тренклер И.В. Рыбоводные программы для повышения запасов ценных видов рыб в Северной Америке: 3. Американский шед и другие проходные сельди. Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2018, № 3, с. 53-67.

11. Тренклер И.В. Рыбоводные программы для повышения запасов ценных вилов рыб в Северной Америке: 4. Белоперый судак Sander vitreus. Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2018, № 4, с. 65-77.

12. Тренклер И.В. Рыбоводные программы Северной Америки: 7. Морские и солоноватоводные виды. Рыбоводство и Рыбное хозяйство. 2019, № 3, с. 67-77.

13. Тренклер И.В., Шишанова Е.И. Сапплементация: возможности восстановления естественных популяций лососевых рыб за счет «дополняющих» выпусков заводской молоди. В кн.: «Пресноводная аквакультура: мобилизация ресурсного потенциала». Мат-лы Всероссийской научн.-практ. конф. с международным участием. 7-9 февр. 2017 г. М. ВНИИР, 503-521.

14. Тренклер И.В., Шишанова Е.И. Морские рыбоводные программы для поддержания промышленного и рекреационного лова. В кн.: «Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры»: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, ВВЦ, 5 февраля 2019 г). Том 1. – М.: Издательство «Перо», 2019, с. 404-424.

15. Artificial propagation of marine fishes. US Commission of Fish and Fisheries. Government Printing Office. 1904, 238 pp.

16. Dannevig A., Dannevig G. Factors affecting the Survival of Fish Larvae. J. Cons. int. Eelor. Mer., 1950, vol. 16, N 2, p. 211 -215.

17. FAO. Cultured Aquatic Species Information Programme Gadus morhua (Linnaeus, 1758). http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Gadus_morhua/en

18. Fushimi H. Production of juvenile marine finfish for stock enhancement in Japan. Aquaculture, 2001, 200 (1-2), p. 33-53. https://eurekamag.com/pdf/003/003535052.pdf

19. Heard W.R. Alaska Salmon Enhancement: A Successful Program for Hatchery and Wild Stocks. 150 UJNR Technical Report, 2002, No. 30. http://www.stockenhancement.org/pdf/enhancement_systems.pdf

20. Hilborn R. The Economic performance of marine stock-enhancement projects. Bull. of Marine Science, 1998, 62 (2), p. 661–674.

21. Hilborn R., Eggers D. A Review of the Hatchery Programs for Pink Salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska. Transactions of the American Fisheries Society, 2000, vol. 129, p. 333–350.

22. Jorstad K.E., Agnalt A.-L., Kristiansen T.S., Nodtvold E. High survival and growth of European lobster juveniles (Homarus gammarus) reared commonly on natural-bottom substrate. Mar. freshwater Res., 2001, 52, p. 1431-1438.

23. Kitada S. Economic, ecological and genetic impacts of marine stock enhancement and sea ranching: A systematic review. Fish and Fisheries, 2018, vol. 19, Iss. 3, p. 1-22. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/faf.12271/.

24. Kitada S. Lessons from Japan marine stock enhancement and sea ranching programmes over 100 years. Reviews in Aquaculture, 2020. doi: 10.1111/raq.12418. https://www.biorxiv.org/content/10.1101/828798v3.full

25. Kjesbu O.S., Taranger G.L., Trippel E.A. Gadoid mariculture: development and future challenges: Introduction. ICES Journal of Marine Science, Vol. 63, Iss. 2, 2006, p. 187–191.

26. Laikre L., Schwartz M.K., Waples R.S., Ryman N. The Genetic Monitoring Working Group. Compromising genetic diversity in the wild: unmonitored large-scale release of plants and animals. Trends in Ecology & Evolution, 2010, vol. 25, 520-529.

27. Lichatowich J., Bakke B. The Way Forward for Wild Salmon Protection and Recovery. The Osprey, 2012, N. 73, p. 1, 4-9. http://ospreysteelhead.org/archives/TheOspreyIssue73.pdf

28. MacKinlay D., Lehmann S., Bateman J., Cook R. Pacific Salmon Hatcheries in British Columbia. Fisheries & Oceans Canada. 2003. 43 pp. http://www.sehab.org/pdf/hatcheries.pdf

29. Miyakoshi Y., Nagata M., Kitada S., Kaeriyama M. Historical and current hatchery programs of chum salmon in Hokkaido, Northern Japan. Reviews in Fishery Science, 2013, 21, 3-4, p. 469-479.

30. Nardi G., Prickett R., van der Meeren T., Boyce D., Moir J. Atlantic cod aquaculture: Boom, bust, and rebirth? World Aquaculture Society, 2021, Vol. 52, Iss. 3, pp. 672-690. DOI: 10.1111/jwas.12811.

31. Nonaka M., Fushimi H., Yamakawa T. The spiny lobster fishery in Japan and restocking. In: Spiny Lobsters, Fisheries and Culture, Second Edition. 2008, p. 221-242.

32. North Pacific Anadromous Fish Commission Annual Report 2019, 178 pp. https://npafc.org/

33. NPAFC Statistics: Pacific Salmonid Catch and Hatchery Release Data. 2016. http://www.npafc.org/new/science_statistics.html

34. Pearson Le-Ruyet J. Turbot (Scophthalmus maximus) grow-out in Europe: practice, results, and prospects. Turkish J. of Fisheries and Aquatic Sci., 2002. N 2, p. 39-39.

35. Pedersen T., Kristiansen T.S., Svasand T. Possibilities and limitations of extensive aquaculture of marine fish evaluation of current results with Atlantic cod and further prospects. CM 1998/L:11. Theme session: Farming Marine Fish Beyond the Year 2000: Technological Solutions for Biological Challenges.

36. Petersen P.E., Penman D.J., Dahle G., Patursson Ø., Taggart J. B. Differential Survival among Batches of Atlantic Cod (Gadus morhua L.) from Fertilisation through to Post-Metamorphosis. Ed. by V. Laudet. PLoS One. 2016, 11(6): e0158091. 30. doi: 10.1371/journal.pone.0158091.

37. Rice M.A. Pioneering Lobster Aquaculture in Rhode Island. In: D.A. Alves (ed.), Aquaculture in Rhode Island: 2007 Yearly Status Report. Rhode Island Coastal Resources Management Council, Wakefield, Rhode Island. 2007, pp. 35-42. http://www.crmc.ri.gov/aquaculture/aquareport07.pdf

38. Stock enhancement in Japan and Taiwan. SEAFDEC Asian Aquaculture 23 (5 and 6). September-December 2001, p. 22-22. http://aquaticcommons.org/19819/1/AdanRIY2001-stock-enhancement-Japan-Taiwan.pdf

39. Sugaya T. Organisation and development of stock enhancement in Japan. In: J.R.Primavera (eds). Proceedings of the Regional Technical Consultation on Stock Enhancement of Threatened species of International Concern. Iloilo City, , 13-15 July, 2005, Philippiness, 2006, p. 91-105.

40. Summerfelt R.C. Intensive culture of walleye fry. In: Walleye Culture Manual (ed. R.C.Summerfelt). NCRAC Culture Series 101. North Central Aquaculture Center Publications Office, IOWA State Univ., Ames. 1996, p. 161-165.

41. Svasånd T. Why juvenile quality and release strategies are important factors for success in stock enhancement and sea ranching. In: Stock Enhancement and Sea Ranching: Developments, Pitfalls and Opportunities /eds. K. M. Leber, S. Kitada, H. L. Blankenship, T. Svasånd/. J. Wiley and Sons. 2008, p. 61-70.

42. Wertheimer A.C., Smoker W.W., Joyce T.L., Heard W.R. Comment: A Review of the Hatchery Programs for Pink Salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska. Transactions of the American Fisheries Society, 2001, 130, p. 712–720. http://www.uaf.edu/cfos/newsroom/archives/wert_etal.pdf

43. WSU News. Summary of Board of Directors Meeting June 21st, 2014. http://wildsalmonunlimited.com/portals/18/documents/Meeting-June-21-2014-Summary.pdf

44. 2015 Annual Report on Aquaculture in Japan. UJNR Japan Panel. 11pp. http://nria.fra.affrc.go.jp/ujnr/PDF/2015AnnualReport_j.pdf

45. http://www.salmonfishingnow.com

9 785001 894346

Перспективные технологии аквакультуры:
Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием
(Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 18 – 19 мая 2021 г)

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 23.08.2021.
Объем 4,31 Мбайт. Электрон. текстовые данные. (CD-ROM).
Заказ 740.