

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Мурманский морской биологический институт Кольского научного
центра Российской академии наук (ММБИ КНЦ РАН)**

На правах рукописи

КУЦЫН ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

**СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ И РОСТ ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA* (L., 1758)
И ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* (L., 1758) АЗОВСКОГО МОРЯ В
УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА**

Специальность 25.00.28 – океанология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук
Балыкин П.А.

Мурманск 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном учреждении науки
Южном научном центре Российской академии наук
г. Ростов-на-Дону

Научный руководитель д.б.н. Балыкин П.А., зам. зав. отдела аквакультуры и водных биоресурсов, руководитель научной группы ихтиологии ИАЗ ЮНЦ РАН (г. Ростов-на-Дону)

Официальные оппоненты:

д.б.н. *ЗЫКОВ Леонид Александрович*, Астраханский филиал ТОО "Казэкопроект", заместитель директора по науке (г. Астрахань);

к.б.н. *КУДРЯВЦЕВА Оксана Юрьевна*, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, старший научный сотрудник (г. Мурманск).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Южный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

Защита состоится «16» ноября 2016 г. в 14 ч. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 002.140.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Мурманском морском биологическом институте Российской академии наук по адресу:
ул. Владимирская, д. 17, г. Мурманск, 183010
тел. (8152)25-39-94.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Мурманского морского биологического института КНЦ РАН
Автореферат разослан «__» _____ 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат географических наук

Усягина Ирина Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Азовское море, некогда считавшееся одним из самых рыбопродуктивных водоемов морского типа, дававшее до 8200 кг/км² рыбной продукции (Зенкевич, 1963), в значительной степени утратило статус богатейшего рыбопромыслового участка (Матишов и др., 2009). Экосистема бассейна Азовского моря претерпела ряд широкомасштабных преобразований за последние сто лет, что привело к формированию новых эколого-трофических связей в сообществах живых организмов, в том числе и рыб. В таких лабильных условиях рыбы вынуждены своевременно реагировать на изменения в экосистеме перестройкой баланса энергетических затрат на рост, развитие гонад и поддержание жизни; что выражается в изменении роста и формировании определенной структуры популяции (Никольский, 1974).

Большой научный и практический интерес представляет приспособительный ответ видов с широким ареалом в виду их экологической гибкости. Данные виды в процессе эволюции выработали ряд приспособлений, позволяющих им осваивать самые разнообразные биотопы. Как правило, именно такие виды, способные к жизни в весьма лабильных условиях умеренных широт, имеют важнейшее промысловое значение.

В пределах Азовского бассейна, одними из самых распространенных и важных в промысловом отношении видами с широким ареалом являются лещ *Abramis brama* (L., 1758) и плотва *Rutilus rutilus* (L., 1758). Популяции этих рыб в Азовском море испытывают влияние множества факторов, определяемых хозяйственной деятельностью человека, и являются весьма удачными модельными объектами в разработке проблем приспособления рыб к сукцессионным процессам в экосистеме, поскольку достаточно быстро раскрывают свой фенотипический потенциал, выраженный в изменении различных популяционно-биологических показателей.

Цель и задачи работы. Изучить структуру популяции и охарактеризовать рост леща и плотвы как результат приспособительной реакции на преобразования экосистемы бассейна Азовского моря. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- подвергнуть ревизии распространенные методы оценки возраста леща и разработать рекомендации по использованию различных возрастрегистрирующих структур для популяции азовского моря;

- охарактеризовать структуру популяции леща и плотвы (половую, возрастную, размерную);

- провести анализ особенностей роста леща и плотвы в современных условиях с точки зрения приспособительного ответа к экосистемным преобразованиям;

- охарактеризовать значимость факторов, определяющих характер динамики популяций леща и плотвы, выделить основные направления адаптации к ним.

Научная новизна. С целью оптимизации методологии определения возраста на примере леща проведены исследования степени валидности и целесообразности использования трех возрастрегистрирующих структур (спил первых лучей грудного плавника, спинного плавника и чешуя) рыб различных размерно-возрастных групп. На основе данных одиннадцатилетних (2003-2013 гг.) мониторинговых ихтиологических исследований установлено текущее состояние азовской популяции леща и плотвы. Рассмотрена популяционно-биологическая характеристика (половая, возрастная и размерная структура, групповой рост) данных объектов в сравнении с опубликованными данными предшествующих лет. Рассчитаны коэффициенты уравнений роста (Берталанфи, зависимости длины от массы), построены аппроксимированные кривые линейного и весового роста леща и плотвы на основе эмпирических данных. Рассмотрена удельная скорость и изменчивость роста леща и плотвы. Дана оценка причин и роли в функционировании экосистемы вспышек заболеваний на примере диграммоза плотвы. Охарактеризована связь изменений биологических показателей леща и плотвы с изменениями условий обитания с точки зрения саморегуляции экосистемы. Приведена сравнительная характеристика приспособительного ответа леща и плотвы в ходе преобразования экосистемы Азовского моря.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты работы могут быть применены для решения фундаментальных вопросов адаптации и микроэволюции рыб с широким ареалом в условиях лабильных экосистем, а также для разработки проблем теории динамики популяций.

Установленные популяционно-биологические показатели леща и плотвы (сроки созревания, средний и предельный возраст, линейные размеры, масса, темп

линейного и весового роста и пр.) могут быть использованы для разработки мер, направленных на рациональное использование данных объектов в качестве биоресурсов (расчет ОДУ, рыбохозяйственные прогнозы, обоснование промысловой длины и т.д.) и увеличение эффективности искусственного воспроизводства. Результаты работы могут способствовать решению широкого ряда природоохранных задач и использоваться в качестве обоснования ведения хозяйственной деятельности в пределах изучаемого участка акватории бассейна Азовского моря.

Основные защищаемые положения:

- популяционно-биологические показатели (линейные размеры, масса, возрастной состав) леща и плотвы в настоящее время свидетельствуют о крайне высокой промысловой нагрузке и сильной зависимости структуры их популяций от гидрологических условий;

- условия нагула леща и плотвы в настоящее время адекватны экологическим предпочтениям видов и не являются лимитирующим фактором в восстановлении их численности;

- жизненный цикл леща и плотвы Азовского моря стал более коротким, что, тем не менее, способствует росту воспроизводительной способности их популяций;

- лещ в большей степени, чем плотва, подвержен перелову, поскольку его пополнение зависит от гидрологических условий в период размножения.

Личный вклад автора. Соискатель диссертационной работы осуществлял сбор, ихтиологического материала в период с 2008 по 2013 гг., выбирал методы анализа данных, осуществлял их последующую математическую и вариационно-статистическую обработку. Проанализированы первичные данные биологического анализа 2003-2007 гг., которые были предоставлены отделом водных биоресурсов бассейнов южных морей ЮНЦ РАН.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на следующих конференциях: VII, VIII, IX научных конференциях студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН» (г. Ростов-на-Дону, 2011, 2012, 2013 гг.), международной научной конференции «Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения» (г.

Ростов-на-Дону, 2011 г.) и на международной научной конференции «Рациональное использование и сохранение водных биоресурсов» (Ростов-на-Дону, 2014 г.).

Исследования проведены в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» проекта «Создание научно-технического задела и структуры производственного кластера интегрированной этажной биотехнологии получения экологически чистой продукции аквабиокультуры для формирования высокоэффективного рыбного хозяйства с учетом региональных особенностей юга Российской Федерации», соглашение №14.604.21.0098 от 16.07.2014 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI60414X0098), № государственной регистрации 114082240030.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ общим объемом 1,5 печатных листа, в том числе 3 в журналах из перечня ВАК.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 5 глав и заключения, изложена на 155 листах машинописного текста, содержит 27 рисунков, 23 таблицы. Список литературы включает 103 источника, в том числе 12 иностранных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проведенного исследования, сформулированы цели и задачи работы, научная новизна, практическая значимость, а также приведены другие сведения о диссертационной работе.

Глава первая «Обзор литературы». Проанализированы основные работы, посвященные исследованиям леща и плотвы Азовского моря с начала XX вв. до наших дней. Установлено, что большая часть публикаций затрагивает, главным образом, круг вопросов, связанных с промысловой деятельностью (оценка запаса, промысловое прогнозирование, искусственное воспроизводство), данные о биологических особенностях и их динамике в ходе трансформации экосистемы бассейна Азовского моря весьма фрагментарны.

Глава вторая «Материалы и методы». В основу работы положены результаты ихтиологических наблюдений с 2003 по 2013 гг. География района исследований охватывала нижний Дон (гирло Свиное), восточную и центральную часть Таганрогского залива. В центральную часть Для оценки влияния эпизоотий на

динамику стада плотвы был организован учет зараженной рыбы во время диграммоза в августе 2012 г. Учет проводился в восточной и центральной частях Таганрогского залива. На всех участках контрольных обловов производился анализ всего видового состава рыб.

Сбор ихтиологического материала в дельте р. Дон производился посредством порядков жаберных сетей с ячейей 14-50 мм, малькового вентера и 2-метрового бимтрала. Облов в Таганрогском заливе осуществлялся рамными и безрамными ставными сетями с размерами ячеей от 25 до 100 мм.

Обловленный в ходе экспедиций материал подвергали полному биологическому анализу (Правдин, 1966): измерялась масса рыбы, определялась половая принадлежность особи, стадия зрелости гонад (Мейен, 1940), проводились измерения промысловой длины (SL)

В качестве материала для изготовления возрастных препаратов были использованы три структуры: чешуя; первые лепидотрихии грудного плавника; а также второй луч спинного плавника. В дальнейшем, из плавниковых лучей изготавливались спилов с помощью дисковой фрезы, приводимой в движение электромотором. Толщина спилов в ходе изготовления не превышала 1-1,5 мм. Перед просмотром чешуи осуществлялась ее очистка нашатырным спиртом. Спилов просматривались в растительном масле, выполняющего роль просветляющей жидкости. Просмотр препаратов осуществлялся с помощью бинокулярной лупы МБС-10 в проходящем свете. Увеличение при просмотре чешуйных препаратов составляло $14 \times 1,5 \times 0,6$; при просмотре спилов лепидотрихий - $14 \times 1,5 \times 2$. Для получения снимков препаратов использовалась цифровая камера для оптических микроскопов MYscope 320M CCD.

Объем собранного ихтиологического материала за весь период исследований (2003-2013 гг.) составил 5500 экз. леща и 10200 экз. плотвы. Весь собранный материал впоследствии подвергался вариационно-статистической обработке при помощи программного пакета MS Excel. Для моделирования роста использовалось уравнение Берталанфи, коэффициенты которого рассчитывались в соответствии с рекомендациями Е.Б. Мельниковой (2009).

В третьей главе «Условия обитания леща и плотвы в Азовском море» приведены биотические и абиотические параметры среды обитания популяции леща

и плотвы в бассейне Азовского моря на этапах естественного и зарегулированного режимов стока впадающих в него рек.

В подразделе «**Абиотические факторы среды**» рассматривается ареал, занимаемый азовской популяцией леща и плотвы, динамика гидрологических и гидрохимических показателей, геоморфологическая характеристика, грунты Азовского моря до и после осуществления масштабных гидростроительных проектов. Выделяются основные причины высокой общей продуктивности и рыбопродуктивности изучаемого водоема до зарегулирования стока.

Наибольшее влияние на биоту Азовского моря оказывает гидрологический и солевой режимы. При чем соленость Азовского моря, определяющая в значительной степени обеспеченность пищей леща и плотвы, не всегда находится в прямой зависимости от объема стока р. Дон, следствием чего явилось благоприятное состояние кормовой базы при неудовлетворительном состоянии нерестилищ.

Если использовать в качестве главного критерия величину солености в зарегулированных условиях, то можно выделить три характерных периода с неблагоприятным для пресноводных по происхождению гидробионтов, в том числе леща и плотвы, режимом солености (1952-1955, 1967-1976, 1977-1981), два с экологически допустимым (1956-1966, 1982-1992) и последующий (1998-2008) период распреснения Азовского моря до значений, свойственных периоду естественного гидрологического режима (Матишов и др., 2006).

В подразделе «**Биотические факторы среды**» приводится ихтиологическая и гидробиологическая характеристика восточной части Таганрогского залива и дельты Дона. Особое внимание уделено структуре ихтиоценоза в современный период. В результате проведенных фаунистических исследований было установлено следующее:

- в настоящий период ихтиофауна представлена 30 видами из 10 семейств для Таганрогского залива и 38 видами из 12 семейств для дельты Дона; общее число видов составляет 42, семейств – 13;

- среди нативных видов 11 относятся к проходным и полупроходным, 13 морского происхождения и 12 пресноводного, 3 вида внесены в Красную книгу РФ, акклиматизантов и вселенцев насчитывается 6 видов;

- наиболее богатым является семейство карповых, на чью долю приходится 41% всех видов рыб;

- доминирующими видами в ихтиоценозах остаются акклиматизанты дальневосточного бассейна: пиленгас в Таганрогском заливе и Азовском море, серебряный карась в заливе и речных системах;

- в эколого-трофической структуре преобладают виды-бентофаги (49%);

- качественные и количественные преобразования ихтиофауны привели к перестройке эколого-трофических связей. Недоиспользование кормовых ресурсов аборигенными видами обусловило рост численности видов-вселенцев, в особенности серебряного карася, что привело к повышению конкуренции в пределах восточной части Таганрогского залива, в том числе и по отношению к лещу и плотве. Участки моря с соленостью выше 5‰ малодоступны для серебряного карася, в связи с чем уровень конкуренции на них ниже.

На основе литературных данных рассмотрена структура бентосных сообществ Таганрогского залива. Установлено, что количественный и качественный состав кормового бентоса колебался в связи с преобразованиями гидрологического, биогенного, солевого режима моря, а также характера грунтов. Тем не менее, общий продукционный потенциал кормовых организмов сохранился на достаточно высоком уровне. Учитывая пищевую пластичность леща и плотвы, а также снижение численности и плотности их популяций, можно сделать вывод о благоприятных кормовых условиях.

В четвертой главе «Проблема определения возраста, популяционно-биологические особенности и рост леща Азовского моря» анализируется динамика показателей, характеризующих структуру популяции леща в период с 2003 по 2013 гг. и сопоставляется с данными предшествующих лет. Оцениваются причины преобразований размерно-возрастной структуры в связи с меняющимся гидрологическим режимом р. Дон. С целью оценки целесообразности применения различных возрастрестирующих структур, были проведены методологические исследования, результаты которых позволили оптимизировать процесс сбора, обработки и определения возраста азовского леща, необходимого для анализа структуры популяции и исследования роста. Приводится характеристика роста леща как фактора, определяющего интенсивность воспроизводства популяции.

В подразделе **«Сравнительный анализ результатов определения возраста леща по различным возрастрестрирующим структурам»** анализируется ряд методологических вопросов, связанных с использованием чешуи, первых лепидотрихий грудного плавника и лучей спинного в качестве материала для определения возраста. В результате проведенного исследования можно дать следующие рекомендации при работах по определению возраста леща:

- чешуя, спилов грудного и спинного плавников в различающейся степени отражают действительный возраст исследуемых рыб;

- чешуя является традиционным, самым доступным и простым в подготовке материалом для определения возраста, наиболее надежные результаты оценки возраста по чешуе получаются у рыб, младших возрастных групп; использование чешуи рекомендуется в случаях, когда объем выборки достаточно велик или время проведения биологического анализа рыб ограничено;

- спилов лучей грудного плавника достаточно широко используются исследователями, поэтому результаты оценки возраста по этой структуре в наибольшей степени будут соответствовать литературным данным; несмотря на трудоемкость изготовления, полученные препараты легко читаются, а результаты достаточно надежны; этот способ рекомендуется использовать при работе с рыбами средних и старших возрастных групп (длиной не менее 28-30 см);

- использование спилов луча спинного плавника не отличается широкой распространенностью, однако с технической стороны препараты изготавливаются проще, в отдельных случаях годовые кольца на спиле спинного плавника видны лучше, чем на спиле луча грудного, поэтому использование этой структуры дает не менее надежные результаты.

Подраздел **«Структура азовской популяции леща»** посвящен вопросам преобразования популяционно-биологических особенностей нерестовой части стада леща и их связи с преобразованиями экосистемы бассейна Азовского моря.

В ходе ихтиологических наблюдений с 2003 по 2013 гг. было установлено, что соотношение полов в популяции азовского леща близко к 1:1, что является вполне характерным для данного вида.

Всего за весь период наблюдений было отмечено 16 возрастных групп леща, из которых наиболее часто встречались рыбы до семилетнего возраста. Рыбы,

достигшие 12-летнего возраста и старше встречались единично. Основу нерестовой части популяции за весь период наблюдений составляли рыбы трех возрастных групп (3, 4 и 5 лет). Средний возраст за весь период наблюдений составил 4,5 года, что на 4 лет ниже возраста рыб в период естественного режима стока р. Дон. Наиболее широкий возрастной ряд наблюдался лишь в 2006 г. (табл. 1). Относительно многочисленное поколение леща в возрасте 4 года было отмечено в 2008 г., на его долю приходилось до 45% улова, что связано с достаточно многоводным 2004 г. Общий запас рыб данного возраста составил 0,62 млн шт., в то время как численность рыб данного возраста в 2007 и 2009 гг. составила 0,19 и 0,20 млн шт. соответственно. Объем речного стока весной в 2004 году составил порядка 10 км³, что практически в 2 раза больше предшествующих маловодных лет. Существенную роль в уловах (40%, или 0,55 млн шт.) рыбы данного поколения сыграли и в 2009 г. уже в качестве пятилетних особей. Однако в 2010 г. их доля снизилась до 7%, или 0,13 млн шт. В настоящее время (2013 г.) наблюдается «старение» популяции (средний возраст 5,8 лет), что связано не с уменьшением промысловой нагрузки, а с низкой величиной пополнения в виду предшествующего ряда маловодных лет (в период с 2008 по 2011 гг. средний весенний объем стока р. Дон не превышал 5 км³).

Табл. 1. Возрастная структура популяции леща Азовского моря в контрольных уловах с 2003 по 2013 гг.

Годы	Возрастные группы, доля, %												Средний возраст
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2003	8	10	18	26	26	3	3	3	-	1	1	1	4,2
2004	10	28	39	19	2	1	1	-	-	-	-	-	3,3
2005	-	3	13	16	38	9	18	2	1	-	-	-	5,0
2006	-	6	16	26	18	7	11	3	7	3	2	1	3,2
2007	-	32	39	14	5	6	2	1	1	-	-	-	3,3
2008	-	1	17	45	22	8	4	2	1	-	-	-	4,6
2009	2	3	6	14	40	21	9	4	1	-	-	-	5,0
2010	-	2	12	31	36	7	7	4	1	-	-	-	4,8
2011	1	9	17	21	32	15	3	1	1	-	-	-	4,3
2012	-	8	5	19	39	20	5	3	1	-	-	-	4,9
2013	5	3	5	5	12	35	26	7	1	1	-	-	5,8

Следует также отметить, что такой фактор, определяющий пополнение популяции, как численность производителей, играет несколько меньшую роль. Зачастую рыбы многочисленного поколения не имеют возможности эффективно отнереститься в виду непродолжительного и недостаточного залития поймы. В таком случае у производителей наблюдается резорбция половых продуктов. В то же время, рыбы малочисленного поколения, попав в оптимальные нерестовые условия, способны дать начало новому многочисленному поколению.

За весь период исследований линейные размеры азовского леща в сетных уловах варьировали в пределах 6-52 см. В зависимости от характера пополнения менялись и размерные характеристики рыб, составляющих большинство промыслового стада. Так, основу вылова в ряде лет (2003, 2005, 2006, 2010, 2011 гг.) составляли особи длиной 30-31 см при установленной промысловой длине 28 см. Однако появление в 2004 г. относительно многочисленного поколения привело к тому, что в 2007 г. в контрольных уловах преобладали трехгодовики длиной 24-25 см. Доля этих рыб достигала 39%. В 2008 и 2009 гг. рыбы данного поколения достигали длины 30-31 см и 32,5-33 см соответственно, определив значительную долю (до 45%) в контрольных уловах.

Масса рыб за весь период исследований колебалась в пределах 20-3140 г. При этом от 50 до 87% уловов составляли рыбы массой от 500 г до 700 г. Рыбы массой более 900 г встречались в уловах редко, на их долю приходилось от 5 до 10%. Только в 2012-2013 гг. доля крупных рыб увеличилась, что связано с описанным выше «старением» популяции.

В подразделе **«Рост леща Азовского моря»** рассматриваются закономерности изменения процессов линейного и весового роста в связи с преобразованиями экосистемы бассейна Азовского моря.

Наибольшие значения коэффициента вариации средней длины характерны для рыб младших возрастных групп, в особенности для двух- трехгодовалых особей. Этот факт свидетельствует о большей зависимости у особей данных возрастов скорости линейного роста от обеспеченности пищей, большей численности и плотности рыб в стадах на нагульных участках по сравнению со старшими когортами. Такая дифференциация по размерам одновозрастных особей способствует увеличению

обеспеченности пищей, поскольку для крупных быстрорастущих рыб увеличивается спектр доступных кормовых организмов, в результате чего общий уровень пищевой конкуренции внутри популяции снижается. На пятом году жизни рост компенсируется, в виду снижения численности данной возрастной когорты и, как следствие, улучшения кормовых условий внутри группы, а также селективной смертности. Пятилетние рыбы депонируют значительное количество питательных веществ, большая часть которых, прежде всего, идет на поддержание физиологических функций и развитие гонад. В итоге зависимость скорости линейного роста от обеспеченности пищей снижается, что приводит к «выравниванию» длин пятилетних рыб. Коэффициент вариации и стандартное отклонение в данном случае имеют самые низкие значения.

Рост леща можно выразить следующими степенными уравнениями (в сонову положены эмпирические данные):

$$W = 61,56T^{1,44}$$

$$R^2 = 0,82$$

где W – масса, T – возраст, R^2 – достоверность аппроксимации;

$$L = 13,96T^{0,50}$$

$$R^2 = 0,92$$

где L – длина, T – возраст, R^2 – достоверность аппроксимации.

В соответствии с общими закономерностями роста рыб, наиболее высокими темпами линейного роста обладают особи, не достигшие половой зрелости: сеголетки, годовики и двухгодовики (1+). Абсолютные годовые приросты рыб данных возрастов составляют 11, 7 и 5 см соответственно. В дальнейшем, после массового созревания рыб, темп линейного роста снижаются: в трех- и четырехлетнем возрасте абсолютные годовые приросты длины составляют 2-3 см, прирост пятилетних рыб снижается до 1,5 см. Удельная скорость роста по Шмальгаузену-Броди (Шмальгаузен, 1935) закономерно снижается с 0,53 у сегодетков до 0,1 у трехгодовиков при достижении половой зрелости.

Среди изменений весового роста азовского леща за последние 85 лет, наблюдается снижение величины коэффициента b уравнения зависимости массы от длины $w=at^b$, начавшееся на начальных этапах зарегулирования стока р. Дон Цимлянским гидроузлом (1960-е гг.) с 3,24 до 3,04. Однако в современных условиях

распреснения, длительной и высокой промышленной нагрузки, ситуация начинает меняться. Так, исходя из полученных значений, размах колебаний коэффициента b с 2003 по 2013 гг. составил 2,61-3,12. Наименьшие значения показателя - 2,61; 2,64; 2,65; 2,66; зарегистрированы в 2003, 2005, 2006 и 2008 гг. соответственно. Наибольшее значение (3,12) наблюдалось в 2013 г.

Анализируя приросты рыб на этапах естественного и зарегулированного стока р. Дон следует отметить следующее. Абсолютный прирост длины при переходе к двух- и трехлетнему возрасту в 2011-2013 гг. составлял в среднем 9 см и 6,7 см, что равнозначно периоду естественного гидрологического режима. Величина прироста у рыб вышеуказанных возрастов на 1,2 см и на 0,7 см выше, чем у аналогичных рыб в маловодные периоды (1981-1990 гг.), характеризующийся уменьшением площади нагульного ареала при сохранении высокой численности популяции.

Регистрируя общее увеличение темпов линейного и весового роста леща в современных гидрологических условиях, следует связать этот факт с улучшением условий нагула в первую очередь для младших возрастных групп, величина годового прироста длины и массы которых фактически соответствует периоду естественного режима.

Рассчитанные коэффициенты уравнения свидетельствуют о колебаниях темпа линейного роста азовского леща (табл. 2). Наиболее тугорослым оказались многочисленное поколение 2004 г. и рыбы, родившиеся в 2006 г., коэффициент скорости роста которых составил 0,08 и 0,1 соответственно, в то время как значение асимптотической длины 61,4 см и 56,3 см.

Табл. 2. Коэффициенты уравнения Бергаланфи для леща Азовского моря поколений 2003-2010 гг.

Год	Асимптотическая длина L	Коэффициент скорости роста k	Константа t_0
2008	50,4	0,14	-1,9
2009	48,2	0,17	-1,05
2010	36,8	0,17	-5,33
2003	40,3	0,25	-1,05
Среднепогодное значение	47,2	0,16	-2,47
2004	61,4	0,08	-3,75
2005	44,9	0,15	-2,58
2006	56,3	0,1	-3,01
2007	39,6	0,21	-1,01

В современный период для леща Азовского моря характерно увеличение темпов роста, сокращение сроков созревания и длины, при котором оно наступает, а также уменьшение предельной длины и продолжительности жизни. Также следует обратить внимание на то, что, не смотря на весьма благоприятные кормовые условия, в определенных случаях (при появлении многочисленных поколений, увеличении пищевой конкуренции со стороны других видов) обеспеченность пищей на нагульных участках элементарных популяций может снижаться, определяя в итоге особенности роста.

В подразделе **«Состояние запаса и факторы, определяющие численность азовской популяции леща»** анализируются основные причины сокращения численности популяции в различные периоды исследований, а также наиболее эффективные меры по восстановлению запаса.

Установлено, что крайне низкая эффективность воспроизводства и промысловая деятельность являются ключевыми факторами, ограничивающими восстановление численности леща, в то время как условия обитания в пределах ареала являются благоприятными.

Наиболее эффективными мероприятиями по восстановлению численности популяции является искусственное воспроизводство, поскольку улучшение условий естественного воспроизводства ограничено высокими объемами используемой для хозяйственных нужд и для целей судоходства воды.

В пятой главе **«Популяционно-биологические особенности и рост плотвы, роль эпизоотий в динамике ее стада»** рассматривается ряд вопросов, связанных с современным состоянием популяции плотвы, ее структурой и особенностями роста.

В подразделе **«Структура азовской популяции плотвы»** представлены данные о характере преобразований структуры популяции плотвы с 2003 по 2013 гг.

За весь период исследований было зарегистрировано 10 возрастных когорт, формирующих структуру популяции плотвы (табл. 3). Однако основу нерестовой части составляют особи, достигшие двух (длиной порядка 13,5 см и массой 67 г), трех (16,5 см и 117 г), и четырех лет (18,5 см и 150 г), средний возраст рыб составил 3,6 лет. Наиболее широким возрастным ряд был в 2007 г. Возрастная структура плотвы в этом году в наибольшей степени соответствовала периоду естественного гидрологического режима. В 2001 г. сформировалось относительно многочисленное поколение, составившее в 2004 г.

78% контрольных уловов и в достаточном количестве встречавшееся вплоть до 2007 г. в возрасте 6 лет.

Табл. 3. Возрастная структура популяции плотвы в контрольных уловах 2003-2013 гг.

Годы	Возрастные группы, доля, %									Средний возраст
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2003	-	54	23	5	9	8	-	-	1	2,9
2004	-	-	78	13	5	4	-	-	-	3,4
2005	-	7	41	24	9	15	3	1	-	4,3
2006	-	-	31	18	34	13	3	1	-	4,5
2007	3	7	7	22	30	23	5	2	1	4,9
2008	-	7	46	37	10	-	-	-	-	3,6
2009	-	4	47	26	15	7	1	-	-	3,8
2010	4	17	42	30	6	-	-	-	1	3,2
2011	1	17	56	21	4	1	-	-	-	3,1
2012	2	19	60	16	3	-	-	-	-	3,1
2013	-	47	49	4	-	-	-	-	-	2,6

В 2013 г. средний возраст рыб составил всего 2,6 лет, на долю четырехлетних рыб приходилось порядка 4%, рыбы старших возрастов практически не встречались. В данном случае такое «омоложение» популяции целесообразно связывать со вспышкой диграммоса в 2012 г. Следует обратить внимание, что динамика возрастной структуры плотвы носит не такой выраженный флюктуирующий характер, как у азовского леща. С одной стороны это связано с более коротким жизненным циклом и, следовательно, более узким возрастным рядом, с другой – более стабильной величиной пополнения, объем которого в гораздо меньшей степени зависит от водности рек.

Линейные размеры (SL) плотвы в контрольных уловах за весь период наблюдений колебались в пределах 6-33 см. Наиболее благоприятное состояние нерестовой части популяции плотвы характеризуется размерным распределением в 2006 и 2007 гг., когда преобладали неоднократно нерестившиеся рыбы, длиной 21 см

(при значении промысловой длины 16 см). Данные особи принадлежат к поколениям 2001-2002 гг., которые составляли основу уловов вплоть до полного изъятия в 2008 г. Масса плотвы за весь период исследований колебалась в пределах 10-617 г. При этом основу уловов (в отдельные годы до 60%) составляли рыбы массой 80-120 г. Только в модальных группах 2006 и 2007 гг. значение массы достигало 250 г. Как и в случае с распределением линейных размеров, весовой состав в 2011-2013 гг. характеризуется смещением моды влево до значений 60-100 г.

В подразделе «Рост плотвы Азовского моря» рассматриваются особенности линейного и весового роста плотвы.

Наиболее высокие значения коэффициента вариации длины наблюдаются в младших возрастных группах (годовики, двухгодовики), что связано, прежде всего, с растянутостью нереста и связанной с этим пищевой дифференциацией неполовозрелых рыб, приводящей в свою очередь к депенсации роста (Бретт, 1983). Однако уже в конце второго года жизни, когда наступает массовое половое созревание, в большинстве случаев наблюдается компенсация роста, что выражается в снижении значения коэффициента вариации длины. Данное явление может быть обусловлено как селективным характером промысла, так и этологическими причинами, связанными со стайным образом жизни.

Наиболее высокими темпами линейного роста обладают рыбы, не достигшие половой зрелости: сеголетки (0+) и годовики. Абсолютные годовые приросты рыб данных возрастов составляют порядка 9 и 5 см соответственно. В дальнейшем, после созревания, темпы линейного роста снижаются: в трех- и четырехлетнем возрасте абсолютные годовые приросты длины составляют 2 см, прирост пятилетних рыб составляет всего 1,4 см. Относительный прирост, выраженный в удельной скорости роста (по Броуди) закономерно снижается с 0,17 у двухлетних рыб; до 0,12 и 0,11 у трех- и четырехлетних соответственно; и до 0,07 у пятилетних особей.

Рассмотрена динамика значений коэффициентов уравнения зависимости массы от длины ($W=al^b$) плотвы в период 2003-2013 гг. Наибольшего значения данный показатель достиг в 2005 г. и составил 3,30, наименьшего (2,49) – в 2008 г. Однако не смотря на размах колебаний коэффициента в отдельные годы, осредненные по периодам данные свидетельствуют о незначительных колебаниях его значений за 11 лет наблюдений. Подобную картину можно объяснить достаточно стабильными

трофическими условиями и не столь выраженными, как у леща, колебаниями численности и плотности популяции.

Весовой и линейный рост плотвы с достаточно высокой достоверностью аппроксимируется следующими степенными уравнениями:

$$W = 20,81T^{1,34}$$

$$R^2 = 0,79$$

где W – масса, T – возраст, R^2 – достоверность аппроксимации;

$$L = 9,86T^{0,45}$$

$$R^2 = 0,90$$

где L – длина, T – возраст, R^2 – достоверность аппроксимации.

Наиболее быстрорастущие поколения, согласно коэффициентам уравнения Берталанфи, появились в 2004 и 2007 г. (табл. 4).

Табл. 4. Коэффициенты уравнения Берталанфи для плотвы поколений 2003-2011 гг.

Поколение	Асимптотическая длина L	Коэффициент скорости роста k	Константа t_0
2003	45,0	0,09	-1,87
2004	23,9	0,15	-0,75
2005	32,3	0,13	-2,27
2006	36,5	0,11	-2,54
2007	26,2	0,25	-0,78
2008	38,1	0,10	-2,5
2009	40,5	0,10	-2,6
2010	34,8	0,13	-1,62
2011	43,5	0,11	-1,77
Среднегодовое значение	35,6	0,13	-1,86

В целом, среднегодовое значение показателя асимптотической длины (35,6 см) и коэффициента скорости роста, как и значения вышеописанных популяционно-биологических показателей, говорит о тенденции увеличения темпов роста и

сокращении жизненного цикла плотвы. Согласно аппроксимированному уравнению зависимости длины и возраста, рыбы, достигающие предельных размеров (35,6 см), принадлежат к возрастной группе 17-18 лет. Рассчитанная масса рыб данного возраста должна колебаться в пределах 920-1000 г.

В подразделе **«Роль эпизоотий в динамике стада плотвы на примере диграммоса»** рассматривается причины и значение вспышек заболеваемости как фактора регуляции численности рыб на примере диграммоса плотвы. Установлено, что причиной вспышки диграммоса могла служить повышенная плотность рыб поколения 2009 г. и массовое развитие плероцеркоидов паразита в планктонных ракообразных на фоне снижения численности основного хозяина диграммы – леща, а также судака, в больших количествах уничтожающего зараженную рыбу и прерывающего жизненный цикл паразита (Матишов и др., 2013).

В подразделе **«Приспособительная реакция плотвы на преобразования экосистемы бассейна Азовского моря»** рассматривается механизм формирования структуры популяции плотвы и особенностей ее роста в условиях увеличения смертности, связанной, прежде всего, с промысловой деятельностью. Делается вывод об адаптивном характере наблюдаемого «омоложения» популяции, направленного на увеличение воспроизводительной способности.

В **«Заключении»** обобщены результаты работы, которые сводятся к следующему.

Биологические особенности азовского леща и плотвы, особенности роста, развития, размножения, в настоящее время являются производными масштабных экосистемных процессов, проходящих в море последнее столетие. Ключевыми факторами, помимо промысла, оказывающими влияние на динамику их стад, является гидрологический режим и в значительной степени определяемый им режим солености. В наибольшей степени гидрологическим преобразованиям подвержена азовская популяция леща, для эффективного воспроизводства которой необходимо продолжительное залитие поймы достаточным объемом воды. С другой стороны, зависящая от речного стока соленость, влияет на площадь нагульного ареала и обеспеченность пищей.

Изначально, в период естественного гидрологического режима (до 1952 г.), азовская популяция леща, как группировка, обитающая на южных границах ареала

вида, характеризовалась высокими темпами линейного и весового роста особей всех возрастных когорт. В структуре популяции были широко представлены рыбы различных размерно-возрастных групп, а динамика стада определялась, прежде всего, количеством производителей и температурными условиями во время нереста. Солевой режим позволял рыбам осваивать наиболее кормные участки собственно моря (до 11‰).

Зарегулирование стока р. Дон Цимлянским гидроузлом в 1952 г. привело к ухудшению как условий нереста, так и нагула. Так, к концу 1960 гг., в виду ухудшения кормовых условий, сократились темпы роста, а массовое созревание рыб наступало на год позже. Последующее увеличение промысловой нагрузки привело к снижению плотности популяции и улучшению кормовых условий, однако размер пополнения стал сильно зависеть от водности р. Дон в период нереста. Ряд маловодных лет в середине 1970-х и 1990-х привел к значительному сокращению численности. С другой стороны, в многоводные годы стали появляться многочисленные поколения, дававшие до 75% общего запаса. Динамика численности азовского леща приняла флуктуирующий характер, а в структуре популяции стали преобладать особи младших возрастных групп (3, 4-годовики). Характерно, что в пределах многочисленного поколения темпы линейного и весового роста сокращались в связи с ростом пищевой конкуренции, и, не смотря на гомогенность среды, наблюдалась сегрегация рыб одного поколения по эколого-трофическим нишам. В несколько меньших масштабах такая закономерность наблюдалась и в относительно стабильный период распреснения моря 2003-2013 гг., о чем свидетельствуют коэффициенты вариации линейных размеров.

Для увеличения эффективности воспроизводства в условиях сокращения объемов речного стока, были организованы нерестово-выростные хозяйства (НВХ), что позволяло поддерживать численность леща на достаточно высоком уровне. Однако в середине 1990-х гг., производственные мощности НВХ резко сократились, а промысловая деятельность, прежде всего нелегальная, возросла. В результате численность леща многократно упала. В период 2003-2013 гг. она находится на самом низком за всю историю наблюдений уровне. При этом солевой режим моря практически соответствует таковому в период естественного гидрологического режима. Следует обратить внимание на то, что распреснение моря не связано с

увеличением попусков воды, то есть условия воспроизводства леща не улучшились. Данное обстоятельство и промысловая нагрузка препятствуют восстановлению численности леща до соответствующей трофическому уровню водоема.

Благоприятные условия нагула в современный период нашли отражение в особенностях роста и физиологическом состоянии леща. Так, темп линейного роста младших возрастных когорт соответствует, а в отдельные годы превышает таковой в период естественного режима. Сроки созревания и длина, при котором оно наступает, сократились на 1-2 года и на 2-3 см соответственно. При этом асимптотическая (предельная) длина и продолжительность жизни также сократились. Длина рыб старших возрастов (7-9 лет) стала меньше на 3-5 см по сравнению с естественным режимом, поскольку данные группы рыб не осваивают наиболее кормные нагульные участки собственно моря. Тем не менее, подобное сокращение жизненного цикла способствует росту воспроизводительной способности популяции, поскольку шансы рыбы полностью реализовать свой продукционный потенциал крайне малы в условиях высокой промысловой нагрузки, о чем свидетельствует структура популяции, основу которой составляют впервые созревающие рыбы. В данном случае, описанные преобразования биологических характеристик можно рассматривать как приспособительную реакцию к высокой убыли и элемент саморегуляции популяции в сложившемся вещественно-энергетическом статусе экосистемы.

Исходя из вышесказанного, наиболее эффективными мерами по сохранению и восстановлению численности азовского леща является реорганизация и увеличение производственной мощности НВХ. Организация воспроизводства в естественных условиях (обеспечение весенних попусков воды, мелиоративные мероприятия) затруднено ввиду экономических противоречий. Немаловажную роль в восстановлении запаса играет борьба с браконьерством и реорганизация промысла, вплоть до полного запрета вылова азовского леща.

В содержании приспособительного ответа плотвы наблюдается значительное количество схожих черт с таковым азовского леща. Экологические и биологические особенности обоих видов близки, поэтому преобразования экосистемы Азовского моря оказывают схожее воздействие на их популяции. Как и для леща, для плотвы характерно сокращение жизненного цикла. За период исследований (2003-2013 гг.)

было зарегистрировано всего 10 возрастных когорт, формирующих структуру популяции плотвы. Предельный возраст, рассчитанный в результате моделирования роста, составляет 17-18 лет при длине 35,5 см. Однако размах колебаний как показателей роста, так и возрастной структуры, носит не такой выраженный характер, как у леща, что связано с более стабильной величиной пополнения, объем которого в гораздо меньшей степени зависит от водности рек. В данном случае пополнение зависит, прежде всего, от количества зашедших на нерест производителей, что в свою очередь связано с интенсивностью промысла и климатических условий во время нереста.

Зона Азовского моря, благоприятная для нагула плотвы, ограничена изогалиной 11‰. В ходе преобразования гидрологического режима, площадь доступных для нагула участков менялась от 15 тыс. км² в 1950-е гг., до 3,7 тыс. км² в маловодные 1970-е. В начальный период зарегулирования стока, когда численность популяции была высока, сокращение нагульного ареала привело к росту пищевой конкуренции и падению темпа роста. В условиях сохранения промысловой нагрузки это привело к снижению численности, что, в совокупности с последующим распреснением, вызвало увеличение нагульного ареала и рост репродуктивного потенциала популяции плотвы. Данное обстоятельство, наряду с нетребовательностью к условиям нереста, обеспечивает стабилизацию численности плотвы.

Выводы:

1. Чешуя рекомендуется для использования в качестве возрастрестрирующей структуры для особей младших возрастных групп леща (до трехлетнего возраста), для определения возраста рыб крупнее 28 см целесообразно использовать спилы лучей спинного плавника.

2. В ходе преобразования экосистемы Азовского моря менялась и роль воздействия различных факторов среды на популяции леща и плотвы. В современных условиях наибольшее влияние на динамику их стад оказывает водность р. Дон и соленость, определяющая площадь нагульного ареала и трофические условия.

3. Размерно-возрастная структура популяций леща и плотвы свидетельствует о крайне высокой промысловой нагрузке. Впервые нерестующие рыбы в отдельные годы составляют более половины всего запаса, а доля рыб более старших возрастов незначительна.

4. Величина пополнения леща Азовского моря в современный период обусловлена, в первую очередь, объемом и продолжительностью залития поймы, и в меньшей степени численностью производителей.

5. Флуктуации численности плотвы выражены гораздо слабее, чем у леща в виду нетребовательности к условиям нереста. Размер пополнения плотвы более стабилен и в значительной степени зависит от численности производителей, а гидрологические условия оказывают меньшее влияние на динамику ее популяции.

6. Несмотря на достаточно низкую численность популяции плотвы в целом, могут возникать локальные скопления годовиков, где плотность рыб достаточно высока для развития вспышек заболеваемости.

7. Анализ абсолютных приростов и удельной скорости роста леща и плотвы в различные гидрологические периоды позволил установить увеличение скорости линейного роста в настоящее время по сравнению с рядом маловодных лет и повышенной солености.

8. Увеличение темпа роста характерно для младших возрастных групп леща. Данное обстоятельство связано с тем, что рыбы старших возрастных когорт не осваивают наиболее кормные участки собственно моря, хотя солевой режим этому не препятствует. Из-за слабой пищевой конкуренции рыбы не испытывают необходимости продвигаться к границам оптимальных условий солености.

9. Наблюдаются изменения в стратегии выживания популяции азовского леща и плотвы в сторону r-стратегии, что способствует увеличению воспроизводительной способности в условиях высокой смертности. Однако в виду меньшего числа нерестовых сезонов воспроизводство становится весьма уязвимым местом. Вследствие неблагоприятного гидрологического режима на нерестилищах в настоящее время, лещ не может реализовать свой возросший репродуктивный потенциал и численность его продолжает снижаться.

Основные работы, опубликованные по теме диссертации:

1. Матишов Г.Г., Казарникова А.В., Куцын Д.Н. Вспышка численности плероцеркоидов *Digamma interrupta* у азовской тарани *Rutilus rutilus heckeli* // Вестник Южного научного центра РАН.- 2013.- Т. 9.- № 1.- С. 53-60.

2. Куцын Д.Н. Структура нерестового стада и темпы роста азовской тарани (*Rutilus rutilus heckeli* Nordmann, 1840) восточной части Таганрогского залива // Вестник АГТУ: Рыбное хозяйство.- 2013.- № 3.- С. 46-54.

3. Куцын Д.Н. Иванченко И.Н. Сравнительный анализ результатов определения возраста азовского леща (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) по различным регистрирующим структурам // Вестник ЮНЦ РАН.-2014 Т. 10.- № 2. - С. 59-64

4. Куцын Д.Н. Видовой состав ихтиофауны восточной части Таганрогского залива и дельты Дона по результатам весенне-летних наблюдений 2011 г. // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна. – Ростов-на-Дону, 2012. - С. 177-188.

5. Куцын Д.Н. Современное состояние промысловой части популяции леща (*Abramis brama*) Азово-Донского района // VII Ежегодная научная конференция студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН, 11–25 апреля 2011 г. – Ростов-на-Дону, 2011 – С. 29-30.

6. Старцев А.В., Куцын Д.Н., Лозовой А.А., Савицкая С.С. Состав ихтиофауны в восточной части Таганрогского залива и дельте Дона по результатам наблюдений 2003-2011 гг. // Материалы международной научной конференции «Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения» 27-30 сентября 2011 г. – Ростов-на-Дону, 2011. – С. 109-112.

7. Старцев А.В., Куцын Д.Н., Савицкая С.С., Старцева М.Л., Ушакова Е.П. Видовое разнообразие и современный состав промысловой ихтиофауны дельты Дона и восточной части Таганрогского залива // III Всероссийская научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование», 20-22 марта 2012 г. – Петропавловск-Камчатский, 2012. – С. 142-146.

8. Куцын Д.Н. Структура нерестового стада и темпы роста тарани (*Rutilus rutilus heckeli*) Азово-Донского района // VIII Ежегодная научная конференция студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН, 11–26 апреля 2012 г. – Ростов-на-Дону, 2012, – С. 25-26.

9. Куцын Д.Н. Проблема определения возраста азовского леща (*Abramis brama* L) // IX Ежегодная научная конференция студентов и аспирантов базовых кафедр

Южного научного центра РАН, 11-24 апреля 2013 г. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 17-18.

10. Куцын Д.Н. Внутривидовое разнообразие азовского леща (*Abramis barama* Linnaeus, 1758) // Рациональное использование и сохранение водных биоресурсов. Материалы международной научной конференции. Ростов-на-Дону, 2014.- С. 127-131.

Автор считает своим приятным долгом выразить глубокую искреннюю благодарность председателю Южного научного центра РАН, академику Геннадию Григорьевичу Матишову за предоставленную возможность проведения исследований и всестороннюю поддержку, благодарность и признательность своему научному руководителю, доктору биологических наук Балыкину Павлу Александровичу за ценные советы, подсказки и постоянно оказываемую поддержку при написании данной работы, доктору биологических наук, профессору Пономаревой Елене Николаевне за ценные замечания и помощь в организации защиты диссертации, д.б.н. Казарниковой А.В., к.б.н. Старцеву А.В., к.б.н. Филатову В.Н., д.б.н. Бердникову С.В., д.б.н. Лебедевой Н.В., к.б.н. Карамушко О.В., д.б.н. Карамушко Л.И., Расхожевой Е.В., с кем в дискуссиях рождались новые удачные идеи.