

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «МАГАДАНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»  
(ФГБНУ «МагаданНИРО»)

*На правах рукописи*



**ВАСИЛЬЕВ**

**Алексей Геннадьевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ  
И ПЕРСПЕКТИВ ПРОМЫСЛА ТРУБАЧЕЙ *BUCCINUM OSAGAWAI***

03.02.14 – биологические ресурсы

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук  
Васильев Дмитрий Александрович

Москва – 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. Особенности биологии и промысла	
трубачей сем. <i>Vuccinidae</i> .....	14
1.1. История изучения .....	14
1.2. Биологическая характеристика .....	16
1.3. Особенности промыслового освоения .....	18
ГЛАВА 2. Подходы к оценке величины запасов	
в связи с оценкой состояния трубачей .....	21
2.1. Площадные методы оценок .....	21
2.2. Биостатистические методы и оценка	
возрастного состава уловов .....	23
ГЛАВА 3. Материалы и методы	28
3.1. Определение возрастного состава .....	28
3.2. Исследование данных промысла .....	32
3.3. Оценка состояния запасов .....	34
ГЛАВА 4. Определение возрастного состава трубачей	
<i>Vuccinum osagawai</i> .....	40
4.1. Особенности определения возрастного состава .....	40
4.2. Тестирование модели СВР .....	43
4.3. Определение параметров уравнения Берталанффи .....	46
4.4. Сепарация смеси размерных распределений	
на возрастные классы .....	54
ГЛАВА 5. Уточнение объемов вылова трубачей	
<i>Vuccinum osagawai</i> .....	63
5.1. Постановка проблемы .....	63
5.2. Результаты .....	66
5.3. Оценка объемов вылова трубачей по многолетним	
данным .....	75

ГЛАВА 6. Оценка состояния запасов и перспектив промысла трубачей <i>Vaccinium osagawai</i> методами моделирования .....	80
6.1. Продукционная модель .....	80
6.2. Модель с возрастной структурой .....	86
ГЛАВА 7. Рекомендации по регулированию промысла трубачей в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря .....	95
ВЫВОДЫ .....	103
БЛАГОДАРНОСТИ .....	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	106

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность проблемы.** В последние пол века перед наукой стала особо актуальной задача изучения биологической продуктивности и рациональной эксплуатации растительных и животных сообществ. В их число входят многие виды морских гидробионтов. Эффективное управление водными биологическими ресурсами (ВБР) промысловых видов было бы невозможно проводить без качественной оценки их запасов. Построение математических моделей поведения запаса популяций является необходимым условием таких оценок. Использование какого-либо одного ВБР или совокупности нескольких основывается на всестороннем анализе систем «запас-промысел». Отечественная и международная практика показывает, что наиболее эффективным инструментом анализа систем «запас-промысел» являются те методы математического моделирования, которые на основе имеющихся сведений (промысловой, биопромысловой и другой информации) позволяют исследователю оценить их параметры, не поддающиеся непосредственному наблюдению, а также рассмотреть динамику изменений характеристик системы при различных режимах эксплуатации (Васильев Д.А., 2001). Результаты корректной оценки динамики таких изменений позволяют сделать качественный прогноз возможного вылова на перспективу без ущерба для популяции, а также выработать рекомендации по рациональному освоению.

Математические модели популяций рыб во второй половине XX века стали широко применяться в практике рыбохозяйственных исследований (Методические рекомендации, 1984). Доступность моделирования как метода, позволяющего выявить механизм процесса и понять его структурные особенности, дает возможность с успехом использовать его при оценке состояния запаса при промысле объектов рыболовства. Однако здесь нужно отметить, что модель — это идеализированное, абстрактное построение и не всегда полностью соответствует действительности. Система допущений и ограничений, вводимая при построении модели, часто оказывается слишком жесткой для адекватного описания существующего природного аналога. Результат модельного построения,

таким образом, может привести к ошибкам. Для их недопущения или, по крайней мере, минимизации, исследователю необходимо ясно представлять возможности использования того или иного типа моделей при оценке запаса ВБР.

Северная часть Охотского моря является одним из важнейших промысловых районов Дальнего Востока, а доля добываемых здесь биологических ресурсов составляет 25% (только в одной Северо-Охотоморской подзоне) от рекомендуемого общего допустимого улова (ОДУ) в Тихоокеанском бассейне России. В этом районе моря добывается 6% промысловых беспозвоночных, обитающих на шельфе и материковом склоне, но т.к. подавляющее значение среди беспозвоночных ДВ морей занимают кальмары, которые не образуют промысловых скоплений в северной части моря, то доля шельфовых крабов здесь возрастает до 40%, креветок — до 30%, в значительном объеме добываются трубачи. Интенсивность освоения ресурсов промысловых беспозвоночных в северной части Охотского моря с каждым годом возрастает. Это стало возможным благодаря специализированным исследованиям, начатым в 90-х годах XX столетия. Основной их целью было обнаружение промысловых скоплений различных видов беспозвоночных, определение их величины и состояния, а также разработка мер для рациональной эксплуатации. Успех этих исследований был заложен многолетними научными работами, которые на протяжении второй половины прошлого века проводили специалисты рыбохозяйственных институтов в ДВ морях России, в том числе и в северной половине Охотского моря. Результатом комплексных и специализированных экспедиций, выполненных по программам Магаданского отделения ТИНРО (с 2000 г. — МагаданНИРО) за последние 25 лет, стало введение в промышленный оборот новых ресурсов шельфовых и глубоководных видов промысловых беспозвоночных.

В 1992 г. Магаданское отделение ТИНРО приступило к исследованию промысловых беспозвоночных. В последующие годы районы и объем исследований существенно расширились, совершенствовались как методы лова, так и уровень последующего анализа научных данных. С 1994 г. большое

внимание стало уделяться унификации сбора первичного материала и созданию информационной базы данных промысловых и биологических показателей исследуемых беспозвоночных. Формирование на единой основе многолетней базы данных позволило перейти на качественно новый уровень научных исследований и провести анализ изменчивости биологических характеристик беспозвоночных в межгодовом аспекте. Для оценки запасов крабов и трубачей, в лаборатории промысловых беспозвоночных Магаданского отделения ТИНРО была разработана оригинальная методика, на базе которой создана компьютерная программа «*El Mara*» (Радченко, Васильев, 2001; Васильев, 2004). Эти данные ежегодно использовались для формирования текущих и перспективных прогнозов состояния запасов и вылова промысловых беспозвоночных в северной части Охотского моря.

Для корректного обоснования ОДУ, запас промысловых беспозвоночных изучался с учетом различных аспектов, характеризующих современное состояние популяций прогнозируемых объектов. Так, для оценки миграционной активности крабов и трубачей, а также определения продолжительности межлиночного периода крабов, начиная с 1993 г., использовался метод мечения, который позволил получить новые данные о биологии крабов стригуна опилио, синего, равношипного и трубачей. Например, в результате ежегодного проведения мероприятий по мечению крабов установлено, что взрослые самцы краба стригуна опилио и трубачи характеризуются слабой миграционной активностью, а межлиночный период стригуна опилио составляет более 3 лет. Продолжительность периода восстановления мышечной ткани после линьки по нашим расчетам составляет порядка 7 месяцев. Получение информации о слабой миграционной активности этих групп беспозвоночных позволило использовать для расчета запасов материал, собранный в разных районах в разные сезоны года.

В результате выполнения обширного комплекса экспедиционных исследований были обнаружены новые, перспективные для промысла районы обитания промысловых беспозвоночных, накоплен и проанализирован большой массив данных по биологии синего и равношипного крабов, краба стригуна

опилио, северной, углохвостой и гребенчатой креветок. Проведены детальные исследования по основным видам североохотоморского трубача, открыты новые районы промысловых скоплений брюхоногих моллюсков. Продолжается изучение новых, нетрадиционных для промышленного лова массовых видов гидробионтов, например, таких как глубоководные виды крабов стригуна ангулятуса, Верилла, Коуэса и некоторых видов креветок.

Рост интенсивности промысла беспозвоночных на фоне постоянно увеличивающегося спроса на широкий ассортимент деликатесной продукции влечёт усиление воздействия антропогенного пресса на их популяции. По этим причинам убыль особей старших возрастов под воздействием интенсивного изъятия промыслом выходит на первый план, нередко превышая их естественную смертность по возрасту. Хорошо известно, что чрезмерное изъятие особей старших возрастных групп неизбежно приводит к нарушению механизма воспроизводства популяции. К сожалению, подобных примеров уже немало. Это и резкое уменьшение запасов камчатского краба на участках шельфа у Западной Камчатки. К 2005 г. практически полностью исчерпаны запасы крабов на Сахалине.

Для северо-охотоморской акватории примерами могут служить вторая за последние 20 лет депрессия популяции равношипного краба в центральной части моря, а также подрыв в 80-е годы ресурсной базы трубачей в условиях слабо регламентируемого промысла в Северо-Охотоморской подзоне (Михайлов и др., 2000, 2003).

Нельзя не отметить положительную роль, которую сыграли, разработанные и предпринятые специалистами как МагаданНИРО, так и других отраслевых организаций и ведомств, рекомендации и охранные мероприятия по восстановлению запасов и рациональному использованию трубачей и равношипного краба. Рекомендуемая величина ОДУ трубачей к 2008 г. в Северо-Охотоморской подзоне достигла 6 тыс. т за счет восстановления (после 10-летнего запрета промышленного лова) плотности скоплений букцинид на большинстве участков традиционного района лова. Кроме этого были открыты

плотные скопления брюхоногих моллюсков в прибрежной части Притауйского района. Действующий с 2000 г. запрет на промышленный лов равношипного краба в районе банки Кашеварова принес свои плоды. В последующие несколько лет ежегодно отмечались положительные тенденции в биологическом состоянии и величине запасов этого ценнейшего промыслового объекта и в настоящее время можно говорить о восстановлении биологического состояния популяции. Осторожный подход к оценке ОДУ позволил вести промысел в более щадящем режиме, что привело к постепенному восстановлению запасов равношипного краба и наращиванию промысла до значительных объемов.

Выполнение ежегодного мониторинга популяций крабов, креветок и трубачей, а также своевременная подготовка обоснований применения мер, необходимых для регулирования промысла, способствовали сохранению запасов главных промысловых объектов на уровне, который до настоящего времени позволяет стабильно осуществлять их широкомасштабный лов.

Значительное снижение объемов ресурсного обеспечения НИР привело к тому, что начиная с 2003–2004 гг. отраслевые специалисты столкнулись с трудностями в информационном насыщении прогнозов промысловых объектов. Для формирования перспективных прогнозов по промысловым беспозвоночным приходилось использовать не современные, а только ретроспективные данные. При сохранении слабой информационной базы ОДУ по беспозвоночным в целом по таким важным объектам как краб-стригун опилио и равношипный краб снизился примерно на треть. С 2005 г., с введением практику МагаданНИРО освоения промышленных квот в режиме контрольного лова, проблема с информационным обеспечением прогнозов значительно улучшилась и достигла уровня конца 90-х годов. Уровень рекомендованного ОДУ по промысловым беспозвоночным не только не уменьшился, но и достиг максимальных значений в 2009 г.

Планомерная работа с 1992 по 2015 гг. позволила накопить МагаданНИРО большую информационную базу по промысловым беспозвоночным. Оценки допустимого изъятия часто не превышают 10% от биомассы запасов. Для

промысловых беспозвоночных эта величина изъятия ниже максимально возможной, но применяется на протяжении многих лет, так как позволяет, в некоторой степени, сдерживать общее давление промысла в тех случаях, когда оно превышает рекомендуемое специалистами рыбохозяйственной науки.

Экспертная оценка промысла беспозвоночных показывает его разделение на три типа: с отсутствием ННН-промысла, т.е. незаконного, нерегистрируемого, нерегулируемого (Международный..., 2008); его незначительной и значительной долей в общем вылове. В первых двух случаях, запасы осваиваемых видов относительно стабильны. При третьем типе промысла, мы наблюдаем снижение величины промыслового запаса по причине значительного превышения рекомендуемого ежегодного вылова.

В этих условиях актуальным было бы ответить на вопрос о возможности применения для расчета запаса и прогнозирования состояния беспозвоночных данных промышленного вылова, ежедневно сообщаемых капитанами судов. Качественный анализ этих данных позволит оценить возможное присутствие нелегального изъятия в общей доле промысла и даст более корректную оценку величины изъятых части популяции. Отметим, что данные о промысловых уловах содержат значительную случайную компоненту, поскольку улов, по сути, случайная величина. Статистические свойства случайного процесса характеризуются законами распределения, аналитическими выражениями которых являются функции распределения. Оценка статистических вероятностных законов, характеризующих случайную компоненту промысла, может позволить уточнить его вероятностные характеристики.

Возникла также необходимость в апробации и внедрении (разработке) новых математических подходов и применения моделей оценки запасов, использующих данные о пополнениях промысловых стад беспозвоночных видов гидробионтов. Одним из возможных путей решения этой задачи являлось применение при расчетах моделей с возрастной структурой (когортных), которые позволяют более гибко оценивать не только запас, но и его пополнение. Поэтому такое направление дальнейших исследований, как выявление возрастных когорт

той или иной популяции, также представляет особый интерес. При данном подходе на первое место выходит учет не только промысловых особей, рекрутов и пререкрутов, как это происходит часто происходит, но и более ранних поколений. В настоящее время в информационных прогнозах ОДУ, разрабатываемых МагаданНИРО, более ранние поколения крабов и трубачей не учитываются.

Северная часть Охотского моря является основным районом промысла брюхоногих моллюсков сем. *Vaccinidae* — трубачей (Пискунов, 1978, 1979, 1982; Овсянников, Пономарев, 1992; Михайлов и др., 2003; Горничных, 2008; Григоров, 2010, 2012, 2013; и др.). Согласно официальным статистическим данным, здесь вылавливается более 80% всех трубачей, добываемых в водах России (Григоров, 2011).

В 2008 г., впервые после повторного открытия традиционного района для промысла, плотность скоплений промысловых видов трубачей резко снизилась, средний улов на ловушку уменьшился с 7,4 до 4,8 кг (Михайлов и др., 2003; Григоров, 2011). Были отмечены участки, на которых трубачи отсутствовали вовсе, чего ранее здесь не фиксировали. В 2009 и 2010 гг. тенденция снижения промыслового запаса сохранилась. На основе данных о состоянии запасов в 2009 г., ОДУ трубачей на 2011 г. был уменьшен с 6 до 4 тыс. т. В 2010 г. средние уловы трубачей составили 4,3 кг на ловушку. По сравнению с периодом стабильного состояния популяций трубачей и устойчивого промысла (2002–2006 гг.), они снизились на 2,5 кг в среднем.

В условиях современного промысла, наиболее массовый вид букцинид в уловах трубачеловных судов в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря — *Vaccinum osagawai* Habe & Ito, 1968, в связи с чем он наиболее подвержен промышленной эксплуатации. В представленной работе некоторые рассматриваемые вопросы касаются биологии и промысла только этого вида. Другие отражают особенности биологии и промышленной эксплуатации всех трубачей в данном районе.

Поскольку причины устойчивой тенденции к снижению промыслового запаса трубачей точно не ясны, разработка и применение новых подходов,

позволяющих выявить эти причины, учесть их при оценке запасов, подготовке прогнозов и рекомендаций по рациональному освоению, представляет особую актуальность.

**Цель исследования** — совершенствование методов оценки запаса трубачей и управления их промыслом.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. На основе анализа динамики размерного состава трубачей *Vuccinum osagawai* выявить особенности их роста в условиях современного промысла, определить возрастной состав уловов этого вида по многолетним данным.

2. Оценить возможность использования для оценки запасов трубачей Северо-Охотморской подзоны Охотского моря официальных данных промысловой статистики. Сформировать репрезентативные массивы данных о вылове трубачей.

3. Определить перспективные модели для оценки запаса трубачей Северо-Охотморской подзоны Охотского моря. Выявить возможность их применения для трубачей *Vuccinum osagawai* Северо-Охотморской подзоны Охотского моря, определить степень устойчивости и адекватности, выполнить настройку.

4. Разработать (сформулировать) и предложить комплекс мер управления промыслом трубачей северной части Охотского моря, способствующих его оптимизации и рациональному ведению.

5. Определить потенциальный вылов эксплуатируемой популяции трубачей *Vuccinum osagawai* Северо-Охотморской подзоны Охотского моря.

**Практическое значение работы.** Полученные данные о возрастном составе трубачей в уловах, а также фактическом промысловом изъятии обеспечивают переход к более высоким уровням информационной обеспеченности, что позволяет повысить качество прогноза изменения величины эксплуатируемого запаса трубачей и оценки ОДУ.

Вскрытие закономерностей колебаний биомассы и численности трубачей позволит не только подготовиться к лову в урожайный год, но и снизить ОДУ до

необходимого минимума в периоды наибольшего ухудшения количественных показателей у нерестовой части популяции.

Предлагаемые меры оценки запаса и регулирования промысла позволяют увеличить ОДУ трубачей в Северо-Охотморской подзоне в перспективе в два раза.

**Научная новизна.** Предложен новый метод проверки данных промысловой статистики о ловушечных уловах трубачей на достоверность, оценки адекватности данных о вылове трубачеловных судов в режиме промышленного лова, основанный на вероятностных свойствах распределений ловушечных уловов. Впервые получены данные о фактическом промышленном освоении *Buccinum osagawai*, вследствие чего стала возможна оценка промыслового запаса аналитическими методами.

Впервые выполнена оценка возрастного состава трубачей *Buccinum osagawai* без визуального анализа структур, регистрирующих возраст. Модифицирован метод получения данных для построения уравнения группового роста этого вида, основанный на изменении размерного состава популяции в межгодовом аспекте. В результате чего получено уравнение группового роста *B.osagawai*, находящегося в условиях активной промышленной эксплуатации.

Впервые выполнена оценка запаса трубачей *Buccinum osagawai* с помощью аналитических моделей. Исследовано поведение моделей высоких уровней: продукционной и с возрастной структурой, а также выполнена их настройка применимо к данному виду, что совершенствует систему оценок и управления запасом трубачей.

**Личный вклад.** Вклад автора заключается в обосновании и разработке программ научных исследований, организации и участии в экспедиционных работах, сборе и обработке биологических и промысловых данных, анализе и интерпретации полученных результатов, разработке новых методов оценки промысловых данных и особенностей биологии, разработке программ ЭВМ для автоматизации расчета величины запасов.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Определение возрастного состава уловов трубачей *Vaccinium osagawai* может быть выполнено на основе сепарации смеси вероятностных распределений размерного состава.

2. Данные достоверной промысловой статистики о ловушечных уловах трубачей стремятся в своем вероятностном распределении к одному из нескольких определённых типов.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на коллоквиумах лаборатории промысловых беспозвоночных МагаданНИРО в 2008–2016 гг., совместном коллоквиуме лаборатории промысловых беспозвоночных и лаборатории системного анализа ВНИРО в 2014 г., заседаниях Ученых Советов и отчетных сессиях МагаданНИРО (2008 – 2016 гг.) и Ассоциации НТО ТИНРО (Владивосток, 2010 г., Южно-Сахалинск, 2011 г. Петропавловск-Камчатский, 2013 г.), методическом семинаре в рамках работ по определению возрастного состава (Южно-Сахалинск, 2011 г.), всероссийской (Калининград, 2015) и международной (Карловы Вары, 2015) конференциях. По теме диссертационной работы опубликовано 14 печатных работ, в том числе 2 — в изданиях, рекомендованных ВАК, получено одно авторское свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы (112 работ, из которых 29 на иностранных языках). Работа изложена на 118 страницах, иллюстрирована 31 рисунком и содержит 18 таблиц.

# ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ПРОМЫСЛА ТРУБАЧЕЙ СЕМ. BUCCINIDAE

## 1.1. История изучения

Трубачами называют брюхоногих моллюсков сем. *Buccinidae* Rafinesque, 1815 (Gastropoda, клад Neogastropoda) (Кантор, Сысоев, 2005). Эти моллюски отличаются достаточно крупной спиралевидной хорошо развитой раковиной. Район обитания букцинид широк. В экосистемах умеренных и холодных вод северного полушария их можно отнести к наиболее значимому семейству переднежаберных моллюсков (Голиков, 1980).

История изучения трубачей насчитывает более 250 лет. Первые известные современным исследователям сведения о букцинидах опубликованы в известной работе К. Линнея «Systema Naturae», вышедшей в 1758 г. В отечественной литературе наиболее полная сводка о *Neptunea* принадлежит А.Н. Голикову (1963). Позже были опубликованы новые данные о подсем. *Buccininae* (Голиков, 1980; Голиков, Сиренко, 1989). Моллюскам подсем. *Volutopsiinae* посвящена работа Ю.И. Кантора (1990). Ревизия подсем. *Ancistrolepidinae* выполнена Р.В. Егоровым и С.Л. Барсуковым (1994). По данным Ю.И. Кантора и А.В. Сысоева (2005) в морях России и водах сопредельных стран сем. *Buccinidae* насчитывает более 250 видов, из которых 85 составляют наиболее многочисленный род *Buccinum*.

В России изучение трубачей, как промыслового объекта, начали специалисты Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) в 1973 г. (Михайлов и др., 2003). На судах Тихоокеанского управления промысловой разведки и научно-исследовательского флота (ТУРНИФ) с 1975 по 1982 гг. были проведены поисковые работы. По результатам проведенных исследований в северной части Охотского моря и у восточного побережья Сахалина были опубликованы несколько работ, в которых приведены сведения о количественном и качественном составе уловов,

проанализированы основные биологические характеристики, сезонная динамика и условия формирования скоплений трубачей (Пискунов, 1978, 1979, 1982).

Сведения о распределении и видовом составе трубачей, обитающих на континентальном склоне Северо-Восточного Сахалина, представлены в работе И.П. Смирнова (1999), а для района восточной части Татарского пролива в его совместной публикации с А.К. Клитиным (1999).

Объемное исследование трубачей в зал. Петра Великого воплощено в диссертационной работе Е.М. Репиной (Боруля) (2005). В рукописи рассмотрены вопросы условий обитания отдельных видов сем. Vuccinidae, распределения и структуры поселений, размножения и нереста, а также развития и роста.

Изучением трубачей в северной части Охотского моря занимались сотрудники Центральной ихтиологической лаборатории (ЦИЛ) Управления Охотскрыбвод (Михайлов и др., 2003). По материалам, собранным в период проведения промысла букцинид, А.И. Михайловым и В.П. Овсянниковым (1984) были рассчитаны коэффициенты эффективности различных приманок на промысле трубачей. В.П. Овсянников и Ю.А. Пономарев (1992) по данным визуальных наблюдений с борта подводного аппарата определили площадь эффективного облова ловушки в составе промыслового порядка. Значительно позже, в 2008 г., по материалам этого периода исследований опубликованы отдельные результаты изучения возрастного состава трубачей Притауйского района Охотского моря (Овсянников, Островский, 2008).

В.В. Федоров (1997) по данным визуальных наблюдений с борта подводного аппарата и результатам дражных работ в северной части Охотского моря, полученным в период 1986–1989 гг., определил некоторые особенности в распределении брюхоногих моллюсков промысловых видов.

С 1994 г. исследование трубачей северной половины Охотского моря, включающей Северо-Охотоморскую подзону, Западно-Камчатскую подзону и зал. Шелихова, проводил А.В. Горничных. Результаты его работы опубликованы в

коллективных монографиях по беспозвоночным сотрудников МагаданНИРО (Михайлов и др., 2000; Михайлов и др., 2003).

Современный этап изучения особенностей биологического состояния трубачей нашел свое отражение в ряде публикаций сотрудников МагаданНИРО (Горничных, 2008; Григоров, 2010, 2011, 2012а, 2012б, 2012в, 2013, 2015; Васильев, 2013; Васильев и др., 2013а, 2013б, 2014а, 2014б; Смирнов и др., 2012). Это стало возможным благодаря выполнению как комплексных гидробиологических, так и специализированных учетных съемок на регулярной основе.

## 1.2. Биологическая характеристика

При изучении брюхоногих моллюсков на шельфе северной части Охотского моря обнаружено около 40 видов, которые могут использоваться рыбодобывающей промышленностью для изготовления пищевой продукции (Михайлов и др., 2003). Род *Vuccinum* с тонкостенной раковиной и высоким качеством мяса в северной части Охотского моря наиболее многочисленный и включает 19 видов. Из них *Vuccinum osagawai* Habe & Ito, 1968 — наиболее массовый вид, встречающийся в уловах промысловых судов.

Подавляющее большинство видов букцинид эвритопны и не обладают строгой приуроченностью к грунту. Поэтому в большинстве случаев удается указать лишь предпочитаемый тем или иным видом тип грунта. Встречаются от литорали до абиссали, но наибольшее число видов предпочитают внешнюю часть шельфа в элиторали (Голиков, 1980). В северной части Охотского моря трубачи рода *Vuccinum* предпочитают илистые грунты (Михайлов и др., 2003).

Для видов рода *Vuccinum* отмечено, что тип грунтов не оказывает существенного влияния на стройность раковины (Михайлов и др., 2003). Однако отмечалась зависимость стройности раковины от глубины и температуры обитания. Отношение максимального диаметра к высоте раковины, характерное для северо-охотоморского *V.osagawai*, соответствует видам рода *Vuccinum*,

обитающим на кромке шельфа и в верхней части батиаля. Также отмечена тенденция к увеличению стройности раковины с увеличением размера моллюска.

Известно, что температура является одним из ведущих факторов по степени влияния на жизнедеятельность морских гидробионтов. Большинство моллюсков рода *Vuccinum*, обитающих на северо-охотоморском шельфе, относится к умеренно-холодноводным. Из них четыре вида (*B.osagawai*, *B.striatellum*, *B.argillaceum* и *B.miyauchii*) предпочитают более низкие температуры — меньше 0° С и относятся к stenothermным холодноводным видам. Пять (*B.rossicum*, *B.acutispiratum*, *B.polium*, *B.ectomocuma* и *B.pemphigus*) — являются stenothermными, обитающими при температуре придонной воды от -1 до +6° С, а три (*B.glaciale*, *B.elatior* и *B.ciliatum*) — эвритермными с температурой обитания от -2 до +12° С. Большинство представителей рода *Vuccinum* достаточно чувствительны к изменению солености водной среды и являются стеногалинными видами, предпочитая заселять морской донный биотоп, соленость вод которого 28–30 ‰ и выше (Голиков, 1980).

Размножение моллюсков рода *Vuccinum* происходит помощью откладывания кладок разнообразной формы, которые в свою очередь состоят из капсул, в которых находятся яйца (Голиков, 1963, 1980; Боруля, 2000; Репина, 2005, Михайлов и др., 2003; и др.). Иногда, если капсулы овальные, кладка выглядит как ком. У некоторых видов кладки яйцевых капсул имеют гроздевидную форму. В процессе размножения кладки откладываются на жесткий субстрат, а при отсутствии камней часто на раковины моллюсков.

Эмбриональное развитие моллюсков сем. *Vuccinidae* полностью проходит полностью под покровами оболочек капсул, которые защищают потомство от внешних воздействий и сохраняют питательную среду для развития. Капсула содержит белковую жидкость, в которую погружены от 50 до 3200 яиц. Однако полное развитие до стадии молодежи проходят лишь немногие из них — в каждой капсуле от 2–3 до 30 яиц. Остальные яйца оказываются пищевыми в результате их оплодотворения атипичными (стерильными) сперматозоидами. Назначение таких

яиц быть питательной средой для развивающихся эмбрионов (Голиков, 1980). Эмбрионы моллюсков в процессе эмбриогенеза питаются, поедая соседние яйца (адельфофагия) или другие эмбрионы (каннибализм), (Касьянов, 1989; Иванова-Казас, 1977, 1995). Каждый развивающийся эмбрион потребляет до 100 яиц (Голиков, 1963, 1980; Голиков, Кусакин, 1978; Репина, 2005). Из яйцевых капсул выходят вполне самостоятельные молодые моллюски с раковиной.

Моллюски рода *Vuccinum* являются необлигатными некрофагами с весьма широким спектром питания. Наиболее обычной и доступной пищей для них оказываются трупы животных и детрит животного происхождения (Михайлов и др., 2003). Моллюски обладают чутким обонянием, что позволяет им хорошо чувствовать действие аттрактанта, и благодаря чему их ловушечный промысел может быть легко организован. Большинство видов трубачей являются животными без строгой пищевой специализации, поэтому в пределах своих ареалов они могут входить в состав самых разнообразных биоценозов.

### **1.3. Особенности промыслового освоения**

Современный российский промысел трубачей сосредоточен в северной части Охотского моря, которая в настоящее время является основным и наиболее крупным районом промысла брюхоногих моллюсков сем. *Vuccinidae*. Согласно официальным статистическим данным, здесь вылавливается более 80% всех трубачей, добываемых в водах России (Григоров, 2011). Именно здесь расположены скопления значительной промысловой мощности, запас которых после открытия традиционного района для промысла в 2000 г. в разные годы составлял по данным МагаданНИРО от 35 до 83 тыс. тонн.

Промысел трубачей в северной части Охотского моря осуществляется небольшими коническими ловушками, объединенными в порядки. Исследования, проведенные с 1994 г. по настоящее время в традиционном районе промысла — Притауйском — показали, что в уловах преобладают особи промыслового

размера. Молодь трубачей облавливается, но в незначительных количествах, что объясняется конструктивными особенностями применяемых орудий лова.

Промысловое изъятие осуществляется как самцов, так и самок. В связи с тем, что оба пола трубачей в районе промысла обитают совместно, доли в уловах и тех и других находятся примерно в равных пропорциях, которые ежегодно незначительно колеблются около величины 50%.

Современным требованиям к продукции соответствуют только крупные представители рода *Vuccinum*, в первую очередь это *V.osagawai*, *V.ectomocuma*, *V.pemphigus*, *V.argillaceum*, *V.glaciale*, *V.miyauchii*, *V.rossicum* и *V.noducostum* (Михайлов и др., 2003).

Промысел трубачей, который в настоящее время ведется в Северо-Охотморской подзоне, базируется в основном на скоплениях *V.osagawai* и *V.ectomocuma*. Массовые промысловые концентрации *V.osagawai* ограничены в основном Притауйским районом. При этом *V.osagawai* более значим для промыслового освоения, т.к. доля его в уловах традиционно больше. Относительно всех брюхоногих моллюсков доля этого вида в уловах в разные годы по многолетним данным МагаданНИРО в среднем составляет 45–60%, а среди только промысловых видов 60–80%. В годы проведения исследований трубачей, часть результатов которых представлены в настоящей рукописи (2006–2015 гг.) величина доли *V.osagawai* среди промысловых видов варьировала в диапазоне от 64 до 80%.

Доля другого значимого для промысла *V.ectomocuma* в промысловых уловах составляет в среднем 20–25% ежегодно.

*V.pemphigus* в традиционном районе лова образует скопления меньшие по плотности и тяготеет к большим глубинам. Кроме того, его мясо на рынке сбыта продукции значительно менее ценно, поэтому в настоящее время этот вид менее значим для промысла. Хотя сейчас доля *V.pemphigus* в уловах не превышает 1–3%, этот вид, по экспертной оценке специалистов МагаданНИРО, обладает значительным промысловым потенциалом (Григоров, 2013) и в перспективе

может быть более чем востребован. Такие виды как *B.argillaceum*, *B.glaciale* и *B.shiretokoensis* обладают крупными размерами, но встречаются единично в качестве прилова к основным видам. Доля крупноразмерных особей *B.rossicum* и *B.noducostum*, из которых можно изготавливать продукцию, также очень невелика (Михайлов и др., 2003).

## ГЛАВА 2. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАПАСОВ В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ СОСТОЯНИЯ ТРУБАЧЕЙ

### 2.1. Площадные методы оценок

До недавнего времени при расчете запасов беспозвоночных, в своём большинстве, применялись площадные методы оценок. В основе этих методов лежит принцип разложения плоскости дна моря на участки, в каждом из которых рассчитывается биомасса или количество особей, а затем результаты суммируются для получения величины общей биомассы или численности. Простейшим из них является площадной метод, где запасы оцениваются по площадям равновеликих уловов на усилие. Приемы работы площадным методом хорошо описаны Аксютинной (1968). На основе сплайн-аппроксимации (Stolyarenko, 1986, 1987; Столяренко, Иванов, 1988) и программного обеспечения MapDesigner (Поляков, 1995) и Картмастер (Поляков, 2003–2008 гг.) авторы развивают идею переноса показателей уловов отдельных обследованных площадок на всю акваторию учетной съемки объекта исследований. В этом и подобных методах оценки запасов используются алгоритмы сглаживания показателей уловов между станциями. Цель сглаживания данных — создание функции плотности запаса, которая проходит близко к значениям измерений, полученных эмпирически непосредственно при выполнении учетной съемки (Слизкин, Сафронов, 2000).

Примером реализации площадного алгоритма со сглаживанием для расчета запасов беспозвоночных также может послужить методика, разработанная в лаборатории промысловых беспозвоночных МагаданНИРО (Радченко, Васильев, 2001; Михайлов и др., 2003; Васильев, 2004; Мельник и др., 2014). В качестве индекса величины биомассы (в некоторых случаях численности) запаса выступает улов на одну ловушку в среднем для одного промыслового порядка. Расчеты проводятся методом весовой интерполяции в узлах условной сетки (грида), покрывающей участок, на котором проводился сбор данных.

Основная сложность заключалась в нахождении без средств подводного визуального контроля эффективной площади облова одной ловушки. Методика оценки уловистости ловушки основана на оценке и нахождении на участках разницы запаса в начале лова и конечного запаса при достижении состояния локального перелова (Михайлов и др., 2003, Мельник и др., 2014). По степени падения плотности запаса в результате изъятия, от начального к конечному, при известной величине вылова и плотности оставшихся скоплений, находится биомасса гидробионтов. Используя такой подход, также были выполнены расчеты и найдены площади эффективного облова крабовых конических и пирамидальных ловушек. Величина составляет для конических ловушек 3300 м<sup>2</sup> и для пирамидальных — 16100 м<sup>2</sup>. Данный метод оценки величины запаса защищен патентом, реализован в виде программного обеспечения (Радченко, Васильев, 2001; Васильев, 2004), показал свою адекватность и надежность и успешно применяется для оценки запасов крабов и трубачей.

Исследования по определению уловистости трубачеловных ловушек в северной части Охотского моря таким способом провести до сих пор не удалось. В настоящее время при оценке запасов трубачей площадными методами применяется величина эффективной площади ловушек 645 м<sup>2</sup>, которая была получена с помощью подводного аппарата путем визуального наблюдения за моллюсками (Овсянников, Пономарев, 1992).

Несмотря на относительную несложность как сути площадных методов оценки запаса, так и способа их применения, учетные съемки, в результате которых специалисты рыбохозяйственных научных организаций обычно получают необходимые первичные данные, требуют покрытия большой акватории, в т.ч. и той, где ведется промысел. В связи с этим исследования достаточно затратны и часто трудновыполнимы.

Другой проблемой при выполнении учетных ловушечных съемок беспозвоночных является невысокая уловистость ловушек в отношении особей младших возрастных групп, т.е. пополнения промыслового запаса. Это характерно не только для трубачей, но и популяций крабов.

В связи с этим, заслуживают внимания такие методы, которые позволяют для оценки запаса дополнительно использовать данные промысловой статистики, с одной стороны, а с другой — учитывать возрастной состав популяции и рассчитывать пополнение промыслового запаса.

## **2.2. Биостатистические методы и оценка возрастного состава уловов**

В основе биостатистических методов лежит принцип оценки величины (численности) поколений какого-либо водного биологического ресурса, основанный на результатах исследования размерно-возрастного состава уловов. Основателями такого подхода по праву можно считать К.К. Терещенко и А.М. Державина (Методические рекомендации..., 1984). Дальнейшее развитие и широкую известность биостатистические методы получили благодаря работам Ф.И. Баранова в послевоенный период, а также многих других исследователей. Это привело к созданию целого класса различных по своим свойствам моделей с возрастной или размерной структурой (Васильев Д.А., 2001, 2006; Vasilyev D.A., 2005; и др.).

Одно из необходимых условий построения биостатистических моделей — наличие данных о возрастном составе особей в уловах.

Определение возраста и изучение роста беспозвоночных являются большой проблемой при исследованиях естественных популяций (Низяев и др., 2006). Ракообразные, например, не имеют регистрирующих возраст твердых структур, поэтому индивидуальный возраст определить, как правило, невозможно. Для других — определение возраста часто трудоемкая и в меру субъективная работа.

Известен способ определения возраста крабов, находящихся в искусственных условиях, по изменению в тканях особи концентрации пигмента липофусцин (Ju et al., 1999, 2001). Однако этот способ достаточно затратный и мало пригоден для массового использования на практике. Для моллюсков подобные исследования также проводились (Clarke et al., 1990).

Поиск биологических меток, по которым можно было бы точно и без значительных затрат идентифицировать возраст беспозвоночных, ведётся до сих

пор, но пока к успеху он не привёл. В связи с этим исследователи ищут способы определения возраста поколений, обычно выделяющихся в размерном ряду модальными классами различной степени выраженности. Как правило, при этом исходят из допущения о нормальности распределения размеров в каждом отдельно взятом возрастном классе. Существует целый ряд методов для получения данных по групповому росту ракообразных путем анализа размерного состава: графический метод расщепления полимодального распределения, или метод «вероятностной бумаги», метод слежения за смещением мод во времени, метод «отклонений», группа методов математического расщепления полимодального распределения, метод «преемственности». Но все они не лишены тех или иных недостатков.

*Графический метод (Harding, 1949; Cassie, 1954).*

Метод основан на том, что кумулята нормального распределения, наложенная на, так называемую, «вероятностную бумагу», имеет вид прямой. Любые отклонения от нормальности нарушают вид прямой. В случае полимодального распределения, обычного для всякой кривой размерного состава (нормально распределенные группы расположены рядом), на вероятностной бумаге появляется несколько более или менее прямых участков, соединенных между собой кривыми линиями. При анализе такого графика ищут точки перегиба между прямыми участками и принимают их за границы годовых классов. Затем с помощью несложных расчетов вычисляют количество экземпляров в каждом выделенном возрастном классе, его средний размер и дисперсию. В случае близкого расположения таких классов, когда они визуальны не различимы, проявляется асимметрия объединенного распределения, а если их средние размеры совпадают (в случае остановки роста) — проявляется эксцесс, что также можно определить при анализе графиков.

При всей легкости графического анализа интерпретации полученных результатов этот метод не лишен ряда недостатков. Он имеет низкую точность, предъявляет высокие требования к качеству собранного материала и при этом достаточно субъективен, так как точки перегиба кумуляты ищутся визуальны и

отсутствуют критерии достоверности. Тем не менее, он достаточно широко использовался в биологии.

*Метод отклонений (Sund, 1930).*

Метод предложен О. Сундом (Sund, 1930) и для ракообразных впервые применен У. Скуладоттир (Skuladottir, 1981) при изучении северной креветки. Она исходит из предположения, что в популяции имеются поколения разной силы, при этом урожайное поколение и на следующий год остается урожайным, а неурожайное (малочисленное) — неурожайным. По мере роста генерации эти поколения закономерно смещаются по оси абсцисс, определяющей размер. Для анализа данные по размерному составу за ряд лет усредняют по размерным классам и получают среднемноголетний размерный состав. Затем среднемноголетнюю численность по классам вычитают из численности каждого конкретного года. Естественно, там, где встречается урожайное поколение, отклонения будут с положительным знаком, а где неурожайное — с отрицательным. На следующий год эти отклонения смещаются на величину годового прироста и т. д. По этому смещению определяют средний размер поколения и приросты. Развитием этого метода является «метод преемственности силы поколений» (Ivanov, Stolyarenko, 1995).

Этот метод, как и предыдущий, очень легко интерпретировать. Но он требует длинного ряда непрерывных наблюдений, включающих как минимум один полный жизненный цикл, хорошо выраженных урожайных поколений. При их отсутствии отклонения будут нулевыми или хаотичными. Еще одним недостатком является слабая чувствительность в областях крайних размеров - для маломерных и крупноразмерных особей, где вероятность случайных отклонений особенно велика. Кроме того, отрицательной стороной является большая зависимость от качества собранного материала (однотипность орудий и сезонов лова, тщательность отбора материала из общего улова и т. д.). При этом некоторые (обычно старшие) возрастные классы могут сливаться вместе, образуя один общий размерный пик.

*Методы математического расщепления смеси нормальных распределений (Броневский, Саханов, 1991; Yamakawa, Matsumiya, 1997; и др.)*

В настоящее время разработана целая группа методов математического расщепления смеси нормальных распределений, выбор которых в основном связан с наличием соответствующего вычислительного оборудования и программ. Эти методы используют различные подходы и алгоритмы анализа размерного ряда. Общим в них является то же предположение о нормальности распределения каждого отдельно взятого возрастного класса. Слабой стороной этих методов является пренебрежение биологическими особенностями изучаемых объектов (в результате чего классы выделяются по чисто формальным признакам), а также необходимость (во многих из методов) изначально задавать определенное количество возрастных классов.

При использовании любого из этих методов или их комплекса желательно контролировать биологическое содержание выделенных классов, т. е. не только вычислить средний размер и объем выделяемых возрастных классов, но и постараться установить их принадлежность именно к возрастным классам, а не просто, например, к функциональным группам. Проблематика состоит в том, что возрастной класс может «расщепляться» на две размерные группы либо в результате различной скорости роста отдельных особей (Mizushima, Omi, 1982), либо в результате отклонений в выборке (Иванов, 1978, 2001). Независимо от причин в этом случае, каждая из таких размерных групп при анализе может выглядеть как отдельное поколение. Для уменьшения субъективности оценки, на наш взгляд, достаточно, чтобы увеличение размера выделяемых групп было закономерным, а не беспорядочным. То есть необходимо ввести в анализ биологическую связь между группами, а именно скорость роста. «Расщепление» какого-либо возрастного класса в этом случае приведет к нарушению закона роста и может быть выявлено по этому признаку.

В связи с этим при дальнейшем анализе размерно-возрастного распределения большинство исследователей применяют уравнение Берталанффи для изучения роста животных. Для использования этого уравнения необходимо,

чтобы максимальные приросты размеров были в раннем возрасте, а по мере старения рост замедлялся. Подразумевается также, что существует некий предельный (асимптотический) размер.

Рассчитанный любым из вышеперечисленных методов возрастной состав является в достаточной мере искусственным, так как не учитывает возможные отклонения от нормальности – асимметрию, эксцессы и т. д., изменения скорости роста под влиянием абиотических условий каждого конкретного года. Выделяемые группы в равной степени можно отнести как к «возрастным», так и к «размерным». Это связано с неопределенностью в соответствии размерных и возрастных классов. Особи одного поколения могут находиться в соседних модальных («годовых») классах, а сам модальный класс может объединять в себе особей нескольких поколений. Высокая дисперсия линейного прироста приводит к тому, что с возрастом, по мере снижения темпов роста, степень смешения поколений увеличивается, что делает связь «размер-возраст» неоднозначной. Получается, что соотношение поколений, из которых состоит отслеживаемый размерный класс, каждый год может меняться.

Тем не менее, полученные таким образом результаты дают возможность рассчитать в некотором приближении биологические параметры популяций и использовать их при оценке запаса и прогнозировании состояния. Методы определения возраста возможно использовать комплексно, что позволяет многократно проверить результат.

## ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**3.1. Определение возрастного состава**

Материалами для исследований послужили данные о размерном составе *B.osagawai*, полученные с 2002 по 2014 гг. (таблица 3.1). Сбор данных выполнялся по общепринятым методикам, а также методикам, разработанным в МагаданНИРО (Михайлов и др., 2000, Михайлов и др., 2003, Васильев и др., 2013б, 2014а, 2014б).

Сбор данных проводился в одном и том же промысловом районе исключительной экономической зоны Северо-Охотморской подзоны, ограниченном координатами 57°10' и 59°27' с.ш. между 149°20'–153°30' в.д. площадью около 6–8 тыс. км<sup>2</sup>.

Исследование, результаты которого представлены в настоящей работе, выполнено для самцов и самок *B.osagawai* отдельно.

Таблица 3.1. Характеристика исследуемых массивов данных

Год	Период работ	Объем выборки, экз.	Размер, см				
			Сред.	Мин.	Макс.	Ст. откл., $\sigma$	Ст. ошибка средней
самцы							
2006	13.06–16.07, 28.07–14.09	4444	7,58	3,4	11,2	1,16	0,014
2007	10.04–29.08	7176	7,82	4,0	12,0	1,05	0,012
2008	21.06–31.07, 13.08–09.12	16718	7,91	3,3	11,7	1,01	0,007
2009	07.08–12.12	3118	7,72	4,7	10,7	0,76	0,013
2010	01.08–07.12	7529	7,90	3,1	11,5	0,85	0,009
2011	16.09–04.12	3852	8,06	3,7	10,8	1,15	0,018
2012	20.05–06.08, 10.10–09.11	5120	8,06	3,4	11,3	1,28	0,017
2013	13.05–24.08, 25.10–26.10	7226	7,99	2,5	11,8	1,31	0,015
2014	25.05–09.06	1209	8,82	4,7	11,6	1,02	0,029

Продолжение таблицы 3.1.

Год	Период работ	Объем выборки, экз.	Размер, см				
			Сред.	Мин.	Макс.	Ст. откл., $\sigma$	Ст. ошибка средней
самки							
2006	13.06–16.07, 28.07–14.09	4598	7,68	3,7	12,5	1,28	0,014
2007	10.04-29.08	5459	8,05	4,0	11,9	1,09	0,014
2008	21.06-31.07, 13.08-09.12	23178	8,25	2,1	13,2	1,04	0,006
2009	07.08-12.12	3153	7,81	4,9	11,1	0,84	0,015
2010	01.08-07.12	6440	8,23	3,2	11,6	1,00	0,012
2011	16.09-04.12	4750	8,53	3,4	11,3	1,19	0,017
2012	20.05-06.08, 10.10-09.11	6065	8,47	3,5	11,7	1,34	0,017
2013	13.05-24.08, 25.10-26.10	7621	8,29	2,1	12,0	1,48	0,017
2014	25.05–09.06	1245	8,84	4,8	11,7	1,03	0,029

Оценка возрастного состава трубочей выполнена методом сепарации размерных рядов на компоненты (Михеев, 2011). Автоматизация расчетов выполнена с использованием программного продукта *СВР* (Михеев и др., 2006). В основе метода лежит модель смеси вероятностных распределений (СВР), SEM-подобный алгоритм разделения такой смеси и эволюционный стохастический оптимизатор полученных решений. При разделении СВР предполагалось, что трубочи обладают ростом, подчиняющимся стохастическому закону роста Бергаланффи:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}] , \quad (3.1)$$

где  $L_t$  — средний размер в возрасте  $t$ ,  $L_\infty$  — асимптотический размер;  $K$  — коэффициент Броуди, определяющий скорость достижения асимптотического размера  $L_\infty$ ,  $t_0$  — параметр, определяющий в законе средний размер при рождении.

В данном уравнении стандартное отклонение  $\sigma_t$  для размеров в возрасте  $t$  вычисляется по формуле (Tanaka, Tanaka, 1990):

$$\sigma_t = \sigma_0 \sqrt{1 + \frac{1}{2K} [1 - e^{-2Kt}] } , \quad (3.2)$$

где  $\sigma_0$  — стандартное отклонение для среднего размера при рождении.

Предполагалось, что размеры особей для заданного возраста являются случайной величиной, имеющей нормальный закон распределения.

Поиск решения осуществляется с помощью генетического алгоритма (ГА) в пространстве гиперкуба параметрического пространства размерности  $t_k + 4$ , состоящего из векторов набора параметров, оценки которых необходимо получить:

$$\theta = \{L_\infty, K, t_0, \sigma_0, \hat{p}_1, \hat{p}_2, \dots, \hat{p}_{t_k}\}, \quad (3.3)$$

где  $t_k$  — мажорирующее значение предельного возраста,  $\hat{p}$  — оцениваемые веса компонент в смеси.

Критерием качества (целевой функции — ЦФ) разделения смеси использовалось значение среднеквадратичной ошибки. Результат считался статистически значимым, если в процессе итеративного поиска было получено некое минимальное значение ЦФ, улучшить при повторных расчетах которое не удалось. Указанная ЦФ имеет следующий вид:

$$\Lambda(\{f_l\}_{l=1}^n | \hat{\theta}) = \sum_{l=1}^n (f_l - \hat{f}_l(\hat{\theta}))^2, \quad (3.4)$$

где  $f_l$  — частоты размерного ряда, полученного по натурным наблюдениям, а  $\hat{f}$  — частоты смоделированного размерного ряда в пространстве  $\hat{\theta}$ .

Авторами методики и программы СВР предложены большие возможности для вычисления статистически значимых результатов. Возможно применение следующих максимальных возможностей ГА: итераций — 1000, численность генетической популяции (количества набора векторов  $\theta$ ) — 10000, метод градиентного обучения лидера генетической популяции. При поиске решения и большом объеме данных проведение расчетов с указанными параметрами вычислительный процесс может занимать много времени — часы для одной итерации и несколько суток для всего процесса. Предположили, что предварительно необходимо настроить (определить) параметры модели, которые не сильно варьируют. Время расчета с помощью генетического алгоритма при максимальных параметрах (числе «генов» или векторов, обеспечивающих объем

пространства решений) в настройках достаточно большое, поэтому предварительно было найдено некое приближение гиперкуба с грубыми настройками параметров модели. Определили те из них, которые не должны сильно варьировать. В дальнейших расчетах диапазон возможных значений был уменьшен, но добавлено количество итераций, и особей в ГА, чтобы усилить силу алгоритма в поиске минимального значения ЦФ.

Для настройки модели данные научных работ, проведенных другими исследователями на основе изучения структур, регистрирующих возраст, не использованы. Единственное принятое допущение на начальном этапе — возраст трубачей не может превышать 20 лет (Голиков, 1980; Боруля, Брегман, 2002; Овсянников, Островский, 2008). Таким образом, максимально возможное количество компонент  $t_k = 20$ .

Так как не известны границы возможного варьирования асимптотического размера, коэффициента Броуди и др. параметров, для настройки модели СВР предварительно выполнен разведочный анализ (исследовано ее «поведение»). В дальнейшем, с учетом полученных результатов, проведена настройка и выполнен поиск оптимального решения. В связи с этим задача по настройке модели и оптимизации процесса поиска решения разбита на подзадачи, которые решены в несколько этапов.

После уточнения параметров уравнения Бергаланффи закона роста трубачей, итеративный поиск решения осуществлялся в пределах уменьшенных границ гиперкуба вблизи найденных «грубых» решений, но при большем количестве итераций и численности популяции ГА.

Вычисления проводились на персональном компьютере с характеристиками: Intel® Core(TM) i5-2410M CPU@2.30 GHz RAM 4.00 Gb, ОС Windows 7 ® 64-разрядная. Такая конфигурация позволила загружать три экземпляра программы СВР одновременно и проводить расчеты с разными параметрами настройки модели, что значительно уменьшало время, затраченное на поиск решения. Дополнительно для вычисления описательных статистик применялся пакет Statistica 6.0, для построения графиков — MS Excel.

### 3.2. Исследование данных промысла

При поиске критериев для определения достоверности промысловой статистики, в качестве первичных материалов использованы данные, ежедневно сообщаемые капитанами добывающих судов на промысле трубача в разные годы. Исследовали статистику улова на ловушку в среднем (среднеарифметическую величину) за каждые сутки промысла среднетоннажных судов, работающих в режиме промышленного лова. Анализ проводили по каждому судну отдельно. В представленной работе названия судов не приводятся, а используются их условные обозначения по номерам. Анализируемые данные можно было разделить на два типа.

Первый набор данных описывает промысел трубачей всеми участвующими в нем судами в течение года от момента начала промышленного лова и до полного освоения ОДУ. Лов осуществлялся с 1 мая по 4 декабря 2011 г. в одном и том же промысловом районе исключительной экономической зоны Северо-Охотоморской подзоны, ограниченном координатами  $57^{\circ}10'$  и  $59^{\circ}27'$  с.ш. между  $149^{\circ}20'$ – $153^{\circ}30'$  в.д. Выполнен анализ промысловой статистики уловов 7 судов. Номера массивов данных соответствуют № 1–7 в таблицах 5.1–5.4. На одном из судов присутствовал научный сотрудник.

Второй набор сведений состоит из массивов данных работы 10 судов, осуществлявших промышленный лов в том же районе Северо-Охотоморской подзоны, но в разные годы, с 2005 по 2012 гг. Лов проводился под наблюдением научных сотрудников МагаданНИРО и ВНИРО. Номера массивов данных соответствуют № 8–17 в таблицах 5.1–5.4. Каждый из массивов данных, так же как и в первом случае, описывал работу отдельного судна в течение года. Характерной особенностью является то, что сведения об уловах были получены как в период пика численности, так и спада, а также дерепрессии запаса. В то же время эти данные минимально «зашумлены», промысловая статистика не искажалась и адекватна процессу лова трубачей.

Для предварительного анализа на основе данных строились графики вероятностной бумаги типа вероятность-вероятность (В-В). Сравнение

наблюдаемых и ожидаемых частот для эмпирических и теоретических вероятностных распределений проводилось с учетом критерия согласия  $\chi^2$  Пирсона. Применение этого критерия накладывает определенные ограничения на исследуемое частотное распределение по величине выборке и количеству вариантов в частотном интервале распределения (Лакин, 1990). В рассматриваемом случае количество вариантов в выборке было достаточно большим, а при количестве вариантов в каждом интервале распределения менее 5 при вычислении значения критерия они объединялись с соседними. Поэтому его применение было корректно. Уровень статистической значимости принят  $p = 0,05$ .

Расчеты выполнены с использованием пакета Statistica 6.0. В связи с большим объемом полученного графического материала и учитывая его однотипность, в работе он приводится лишь частично для иллюстрации отдельных положений.

Исследовано несколько типов вероятностных распределений на соответствие их эмпирических данным: нормальное, экстремальное, гамма, логнормальное, Вейбула, экспоненциальное, бета, Рэлея. Выявлены распределения, наиболее хорошо описывающие массивы данных. С помощью программного модуля «Подгонка распределения» в Statistica (Халафян, 2007; Учебник ..., 2008), проведен расчет параметров некоторых из вероятностных распределений и определено качество подгонки.

В качестве дополнительной характеристики массивов данных вводится коэффициент  $K$ :

$$K = \frac{\bar{X}}{Me} , \quad (3.5)$$

где  $\bar{X}$  — среднее арифметическое значение среднесуточных уловов на ловушку,  $Me$  — медианное значение среднесуточных уловов на ловушку.

Поиск факторов, влияющих на изменение различных свойств и показателей рядов данных, выполнен с помощью дисперсионного анализа (ANOVA).

Расчет фактического годового вылова выполнен по формуле

$$C = Y + N \times CPUE , \quad (3.6)$$

где  $C$  — фактический вылов,  $Y$  — вылов без искажений,  $N$  — количество судосуток работы судов, искажающих сведения о вылове,  $CPUE$  — средневзвешенное значение суточного вылова судов, неискажающих сведения о вылове.

### 3.3. Оценка состояния запасов

Оценка состояния запасов и перспектив промысла трубачей *Buccinum osagawai* выполнена методами моделирования с помощью моделей двух типов: производственной и с возрастной структурой. В качестве входных для расчетов использованы данные фактических годовых уловов, которые включали в себя оценки ННН-промысла, полученные автором.

*Производственная модель.* Для расчетов производственной моделью использована динамическая производственная модель Бабаяна-Кизнера (Babayan, Kizner, 1988; Babayan, Kizner, Matushansky, 1989). В отличие от статических производственных моделей (Schaefer, 1954; Pella, Tomlinson, 1969; и др.), динамические производственные модели рассматривают запас в его динамике. Динамические производственные модели являются эффективным средством анализа в случаях, когда доступная информация о запасе ограничена данными промысловой статистики (Бабаян, 2006). Кроме того, эти модели дают возможность получить оценки ориентиров управления и сформулировать схему регулирования промысла, позволяющую выработать рекомендации по рациональному промысловому изъятию, согласующиеся с принципами предосторожного подхода (Бабаян и др., 2010).

Динамическая производственная модель Бабаяна-Кизнера может быть записана в виде двух уравнений, первое из которых выражает динамику запаса, а второе устанавливает связь между биомассой запаса и ее измеряемым показателем (индексом запаса):

$$\begin{aligned} B_{i+1} &= B_i + G(B_i) - C_i \\ B_i &= \frac{U_i + U_{i-1}}{2q} \end{aligned} \quad , \quad (3.7)$$

где  $B$  — биомасса промысловой части запаса в начале года,  $C$  — улов за год,  $G(B_i)$  — годовой прирост биомассы запаса,  $U_i$  — средний за год  $i$  улов на единицу промыслового усилия,  $q$  — коэффициент улавливаемости.

Подставив в первое уравнение выражение биомассы  $B$  через  $U$ , получаем основное уравнение модели

$$\bar{U}_{i+1} = \bar{U}_{i-1} + 2qG\left(\frac{\bar{U}_i + \bar{U}_{i-1}}{2q}\right) - 2qC_i \quad (3.8)$$

Годовой прирост биомассы запаса зависит от выбора функции ее роста. Чаще всего в моделях этого типа используется функция логистического роста

$$G(B) = kB(1 - B/B_\infty) \quad (3.9)$$

или функция экспоненциального роста

$$G(B) = kB(1 - \ln B / \ln B_\infty) \quad (3.10)$$

где  $k$  — коэффициент весового роста при отсутствии плотностной регуляции численности (так называемая внутренняя скорость роста);  $B_\infty$  — емкость среды, т.е. теоретическая максимальная биомасса запаса при отсутствии промысла.

Для большей наглядности в дальнейшем при анализе полученных результатов удобно пользоваться оценками биомассы запаса на начало года

$$B_i = \frac{\bar{U}_i + \bar{U}_{i-1}}{2q} \quad (3.11)$$

и коэффициентами эксплуатации

$$\varphi = \frac{C_i}{B_i} \quad (3.12)$$

Выбор функции роста определяет выбор версии динамической модели: в случае (3.8) получаем динамический аналог модели Шефера, в случае (3.9) — аналог модели Фокса. На практике выбор типа функции роста определяется по характеру зависимости  $U(E)$ : если фактические данные по уловам на усилие и усилиям лучше аппроксимируются линейной функцией  $U=a+bE$ , то выбирается аналог модели Шефера, если экспоненциальной  $U=aEexp(-bE)$  — выбирается аналог модели Фокса. Наличие линейной (или экспоненциальной) связи между уловами на усилие и усилиями, пусть и значительно зашумленной динамикой

изменений запаса, является принципиальным для возможности применения продукционных моделей (Бабаян, Васильев Д.А., Моисеенко, 2010).

В качестве индекса биомассы промыслового запаса использованы значения уловов на ловушку, полученные в результате мониторинга на промысловых судах под наблюдением научных сотрудников.

*Модель с возрастной структурой.* Для расчетов моделью с возрастной структурой целесообразно применять современные достаточно гибкие версии сепарабельных когортных моделей. Этим критериям соответствует модель TISVPA (Васильев Д.А., 2006), и она взята для настройки и расчета запаса. Отличия TISVPA от моделей этого класса состоит в более точном описании особенностей взаимодействия запаса с промыслом за счет расширенной параметризации мгновенных коэффициентов промысловой смертности, а также повышенной защищенностью оценок от «шума» во входных данных за счет целенаправленного применения принципов робастной статистики в процедурах оценки её параметров. Модель включает в себя различные приемы, помогающие работать с данными реального (т.е. достаточно низкого) качества. Среди них: робастные целевые функции, возможность целенаправленного обеспечения несмещенности решения, независимость оценок возрастной зависимости относительной селективности промысла от выбора пользователем ее формы, применение различных опций относительно взаимной справедливости предположений о качестве данных по возрастному составу уловов и устойчивости селективных свойств промысла, возможность исключения влияния межгодовых изменений в коэффициентах улавливаемости съёмов на результаты анализа и др. (Vasilyev D.A., 2005)

Отличительной особенностью данной модели является уточненное описание взаимодействия запаса с промыслом, заключающееся в представлении коэффициентов промысловой смертности (коэффициентов эксплуатации) в виде произведения трех параметров:  $f(year)*s(age)*g(cohort)$ , что дает возможность оценить в рамках когортной модели дополнительный набор параметров, связанных с поколением. Этот дополнительный набор параметров позволяет

адаптировать традиционное сепарабельное представление промысловой смертности (как произведение зависящего от года компонента и компонента, зависящего от возрастной группы) к ситуациям, когда некоторые поколения могут иметь особенности в своем взаимодействии с промысловыми флотами, вызванные, например, их различным пространственным распределением, большей притягательностью для промысла более многочисленных поколений или другими причинами. Упомянутые выше зависящие от поколения множители ( $g$ -факторы) могут быть оценены и применены не только для всего интервала возрастных групп, включенных в модель, но и для некоторого выбранного возрастного «окна». Это помогает, во-первых, быть ближе к реальной ситуации (если известно, что только некоторый диапазон возрастных групп может иметь зависящие от численности поколения особенности во взаимодействии с промыслом) и, во-вторых, снизить влияние возрастных групп, для которых данные по возрастному составу уловов имеют более низкое качество (обычно это самые младшие или старшие возрастные группы). Для возрастных групп, не входящих в выбранный диапазон, значения  $g$ -факторов принимаются равными единице. Однако, в результате общей нормализации всех значений  $g$ -факторов на единицу в среднем, использующейся в модели для балансировки процедуры оценки параметров, они могут в результате принимать несколько отличные от единицы значения.

Относительно связанных с поколением особенностей в общей возрастной зависимости селективных свойств промысла различаются два варианта модели:

- вариант «внутригодового перераспределения промыслового усилия между возрастными группами»;
- вариант «общего роста (снижения) селективности для отдельных возрастов».

В рамках первого варианта модели предполагается, что в каждом году поколения, более «притягательные» для промысла, «заимствуют» некоторое количество промыслового усилия у других поколений за счет увеличения их коэффициента селективности и снижения коэффициентов селективности других

когорт в данном году. Второй вариант модели предполагает, что некоторые поколения имеют более высокие (или низкие) коэффициенты селективности, но это не приводит к непосредственным изменениям коэффициентов селективности для других поколений.

В расчетах особое внимание уделялось получению оценок запаса на основе анализа независимого вклада от различных видов данных с целью анализа информативности различных источников информации.

Отметим, что модель TISVPA, использованная для оценки состояния запаса, широко применяется в рамках ИКЕС для анализа данных при оценке состояния запасов норвежской весенне-нерестующей сельди, путассу и других запасов и прошла всестороннее тестирование на Рабочей группе по методам оценки запасов ИКЕС (ICES, 2004; ICES, 2006).

Расчеты основаны на использовании полученных в рамках настоящих исследований оценок возрастного состава уловов. Кроме того, использованы данные по средней массе особей по возрастным группам и годам промысла и оценки мгновенных коэффициентов естественной смертности по возрастным группам, также полученные в рамках представленных исследований. Работа по оценке величин коэффициентов естественной смертности трубачей *B. osagawai* выполнена аналогично работе М. Белого (2006), где автор, используя теоретическую базу и методологические подходы, разработанные для ихтиологии достаточно корректно, на наш взгляд, выполнил оценку естественной смертности зеленого морского ежа.

В качестве дополнительной информации использованы данные по уловам на единицу промыслового усилия (уловы на ловушку) по годам промысла как индекс биомассы промыслового запаса (Индекс 1), а также полученные индексы численности младших возрастных групп по возрастам и годам промысла (Индекс 2).

Отметим, что в информацию по возрастному составу уловов для младших возрастных групп, на прямую не подверженных промыслу, включены оценки

численности особей, погибших при возврате в морскую среду особей, собранных в результате съемок. Их процент оценен как 3% от возвращенных особей.

В связи с отсутствием надежных и полных данных по долям половозрелых особей по возрастным группам величина биомассы нерестового запаса не оценивалась.

## ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ТРУБАЧЕЙ

*BUCCINUM OSAGAWAI***4.1. Особенности определения возрастного состава**

Расчет доли эксплуатации запаса трубачей и, соответственно, их ОДУ, в настоящее время проводится на однолетнюю перспективу (Приказ Федерального агентства по рыболовству (Росрыболовство) от 6.02.2015 г. №104 и др.). Современная стратегия эксплуатации промыслового запаса трубачей Северо-Охотоморской подзоны и управления промыслом до недавнего времени определена особенностью использования при расчете ОДУ константного коэффициента промыслового изъятия 10%.

При оценке перспективной величины запаса букцинид сведения о его пополнении в расчетах не используются. Априорно принимается, что запас, оцененный в год исследований, в ближайшей перспективе сохранится на оцененном уровне. Такой, подход, как показывает практика, не всегда дает необходимый результат. Отклонения между прогнозной величиной и фактической иногда возникают. Негативные последствия, которые могут появиться в результате такого несоответствия, а также влияние не совсем точно рассчитанного промыслового воздействия на популяцию моллюсков нивелируются только благодаря использованию щадящего коэффициента изъятия 10%, что позволяет сохранять запас в состоянии относительной стабильности.

Сведения о величине пополнения всегда важны для рациональной эксплуатации промыслового запаса беспозвоночных. Рассмотрим два случая промыслового воздействия на популяцию. В первом — нелегальный промысел отсутствует, рекомендуемые значения вылова четко соблюдаются, что обеспечивает относительно стабильное состояние запаса, а во втором — он (нелегальный промысел) существует, что в конечном итоге, может привести к перелову. Оценка пополнения, в первом случае, позволяет максимизировать долю изъятия беспозвоночных с учетом концепции равновесного вылова (Михеев, 1999), во втором — на первое место выходит оценка репродуктивного потенциала

«подорванной» популяции. В свою очередь, это может способствовать принятию правильного решения о дальнейшей стратегии эксплуатации запаса и выработке необходимых и верных мер регулирования промысла. Иными словами, определение возрастного состава именно облавливаемой популяции представляет не только теоретический, но и важный практический интерес.

Одним из методов определения возраста моллюсков служит подсчет годовых колец прироста на раковине особи (MacDonald, Thomas, 1980; Murawski et al., 1982; Максимович, 1985; Максимович и др., 1992). Раковина нарастает неравномерно в течение года. В зимний период рост замедляется, что ведет к образованию кольцеобразного рисунка на наружной поверхности. Число колец соответствует числу лет, прожитых моллюском.

Также известно, что возраст моллюсков коррелирует с числом колец на оперкулуме (оперкулюм; лат. operculum — «крышка») или унгулятной крышечке, которая закрывает вход в устье раковины морских и пресноводных брюхоногих моллюсков (Боруля, Брегман, 2002; Репина, 2005; Овсянников, Островский, 2008; Григоров, 2015). Время закладки смежных колец различается на один год, т.е. они формируются один раз в год, и их количество также соответствует возрасту моллюска.

Однако у разных моллюсков или, например, у одного и того же моллюска в разные годы, годовые кольца выражены неодинаково хорошо. Вследствие этого иногда пользуются не прямым определением возраста по числу годовых колец, а построением на основе эмпирического материала вариационных рядов для каждого возраста; у экземпляров с неясными линиями прироста возраст определяют по размерам раковины.

Визуальные способы определения возрастного состава трубачей, на наш взгляд, во-первых, достаточно трудоемки, а во-вторых, несут в себе большую долю субъективизма. Необходимо использовать альтернативные способы определения возрастного состава исследуемой выборки из уловов, лишенные этих недостатков. Одним из способов определения возрастного состава служит разделение статистического вероятностного распределения размерного ряда

эмпирической выборки гидробионтов на смесь более мелких вероятностных распределений, каждое из которых представляет класс особей одного возраста (Ivanov, Stolyarenko, 1995, Буяновский, Войдаков, 2011; Михеев, 2011). Исследователями уже получены оценки разделения смеси распределений размерного состава креветок, крабов и двустворчатых моллюсков и трубачей разных видов в отдельных рыбопромысловых зонах РФ.

По мнению некоторых авторов, определение возраста и роста моллюсков методами расщепления смеси размерных распределений и по морфологическим и структурным меткам раковин часто невозможно (Harding, 1949; Cassie, 1954, Матвеева 1974). Кантор (1990) считает, что метод оценки роста и возраста методом подсчета годовых колец не является универсальным. Тем не менее, этот подход, так или иначе, используется при изучении возрастного состава моллюсков разными исследователями (Голиков, 1976, 1980; Cupul-Magana, Torres-Mouy, 1996; Kideys, 1996; Боруля, Брегман, 2002; Овсянников, Островский, 2008).

В настоящей работе предпринята попытка выяснить особенности возраста и роста трубачей *B.osagawai* в условиях активного промысла в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря не прибегая к методам визуального анализа регистрирующих возраст структур, при помощи анализа размерного состава и разделения его вероятностного распределения на отдельные возрастные компоненты.

Как объект исследования, *B.osagawai* интересен тем, что обособленность группировки и сравнительно небольшая площадь ее распространения, продолжительный период сбора данных в межгодовом аспекте, позволяют собрать качественные данные о размерном составе особей со всего ареала промысловой части популяции. Предполагалось, что это положительно повлияет на ожидаемые результаты и покажет адекватность применения такого альтернативного подхода. Единственный ограничивающий фактор репрезентативности выборки — низкая уловистость ловушек в отношении младших возрастных групп, что объясняется их конструктивными особенностями.

## 4.2. Тестирование модели СВР

Предварительная настройка модели СВР и разведочный анализ осуществлялись с параметрами гиперкуба  $\theta$ , представленными в таблице 4.1 и параметрами оптимизатора ГА: максимальное количество итераций — 100, численность генетической популяции — 500, разрядность сетки метода — 16, вероятность применения кроссовера — 80% (равномерный) и мутации — 5% (распределение нормальное).

Таблица 4.1. Параметры гиперкуба  $\theta$  для предварительной настройки модели СВР

Параметр	Стартовое значение	Левая граница	Правая граница
Максимальная продолжительность жизни в популяции $t_k$ , лет	20		
Коэффициент роста Броуди $K$ , 1/лет	0,17	0,1	0,2
Асимптотический размер $L_\infty$ , см	10	8	15
Условный возраст нулевого размера $t_k$ , лет	-0,5	-1	1
Ст.отклонение размера тела в личиночной стадии $\sigma_0$ , см	0,01	0,001	0,5
Вес компонент 1–20	0,05	0	1

Предварительные оценки были найдены достаточно быстро (таблица 4.2). Время расчетов одного массива данных составляло около 6–8 минут для самцов или самок отдельно взятого года. Асимптотический размер колебался в районе 8–9 см и был ниже максимального по выборкам для самцов и самок (таблица 4.2). Оптимизированное значение предельного возраста  $t_k$  трубочей, в основном, не отличалось от первоначального и составляло 19–20 лет. При этом конечное значение ЦФ в некоторых случаях было очень небольшим, что говорит о высоком качестве найденных решений.

Т.к. оптимизированные СВР значения максимального возраста  $t_k$  были близки, а в некоторых случаях совпадали с предварительным предложенным верхним пределом, значение было увеличено до 30, а данные пересчитаны. В

результате оптимизированное значение  $t_k$  вновь увеличилось до максимально предложенного.

Таблица 4.2. Результаты работы ГА во время предварительной настройки модели СВР

Год	Макс. возр. $t_k$ , лет	Коэфф. роста Броуди $K$ , 1/лет	Асимпт. размер $L_\infty$ , см	Условный возраст нулевого размера $t_0$ , лет	Ст. откл. размера тела в личиночной стадии $\sigma_0$ , см	Значение ЦФ, ед. $\times 10^{-5}$	Время расчета, чч:мм:сс
Самцы							
2006	20	0,186	8,59	-0,710	0,380	0,6	00:08:11
2007	20	0,180	8,84	-0,353	0,309	16,5	00:05:14
2008	19	0,198	9,01	-0,593	0,331	13,4	00:07:16
2009	20	0,179	8,58	-0,506	0,336	6,6	00:06:43
2010	20	0,191	8,88	-0,493	0,334	31,6	00:06:39
2011	20	0,187	9,05	-0,535	0,274	3,6	00:06:15
2012	20	0,168	9,50	-0,488	0,243	6,8	00:06:39
2013	19	0,177	9,41	-0,445	0,290	10,0	00:07:41
Самки							
2006	20	0,173	9,22	-0,470	0,323	1,9	00:07:54
2007	20	0,179	9,17	-0,585	0,301	0,9	00:08:40
2008	20	0,183	9,06	-0,394	0,341	9,3	00:09:48
2009	20	0,179	8,61	0,027	0,320	3,1	00:06:16
2010	20	0,198	9,05	-0,676	0,355	16,4	00:08:34
2011	20	0,177	9,82	-0,298	0,235	2,2	01:08:46
2012	20	0,199	9,70	0,770	0,262	1,0	00:07:48
2013	19	0,179	9,96	-0,449	0,262	7,6	00:06:30

При построении возрастных гистограмм (рисунок 4.1) для хорошо облавливаемых средних и крупных особей нескольких следующих друг за другом поколений обнаружены отсутствующие возрастные компоненты. Это могло означать, что несколько лет подряд трубачи не нерестились или особи нескольких поколений подряд погибли, что сомнительно. В другом случае, возрастные классы (компоненты) для хорошо облавливаемых особей в один год отсутствовали, но обнаруживались в последующий год. Например, поколение с возрастом 12 лет в 2007 г. присутствовало, а в предыдущем 2006 г. отсутствовало — возрастная компонента 11 лет нулевая. Также наблюдались артефакты для старших возрастных классов с высокой, на наш взгляд, общей смертностью, связанные с увеличением в уловах в последующий год особей хорошо

облавливаемых возрастов. Примером может служить факт увеличения в уловах особей поколения с возрастом 20 лет в 2007 г., по сравнению с предыдущим годом. Наличие в выборках особей возрастов 25–30 лет по данным работы ГА модели СВР, с учетом известных литературных данных (Голиков, 1980; Боруля, Брегман, 2002; Овсянников, Островский, 2008) также представляется сомнительным.

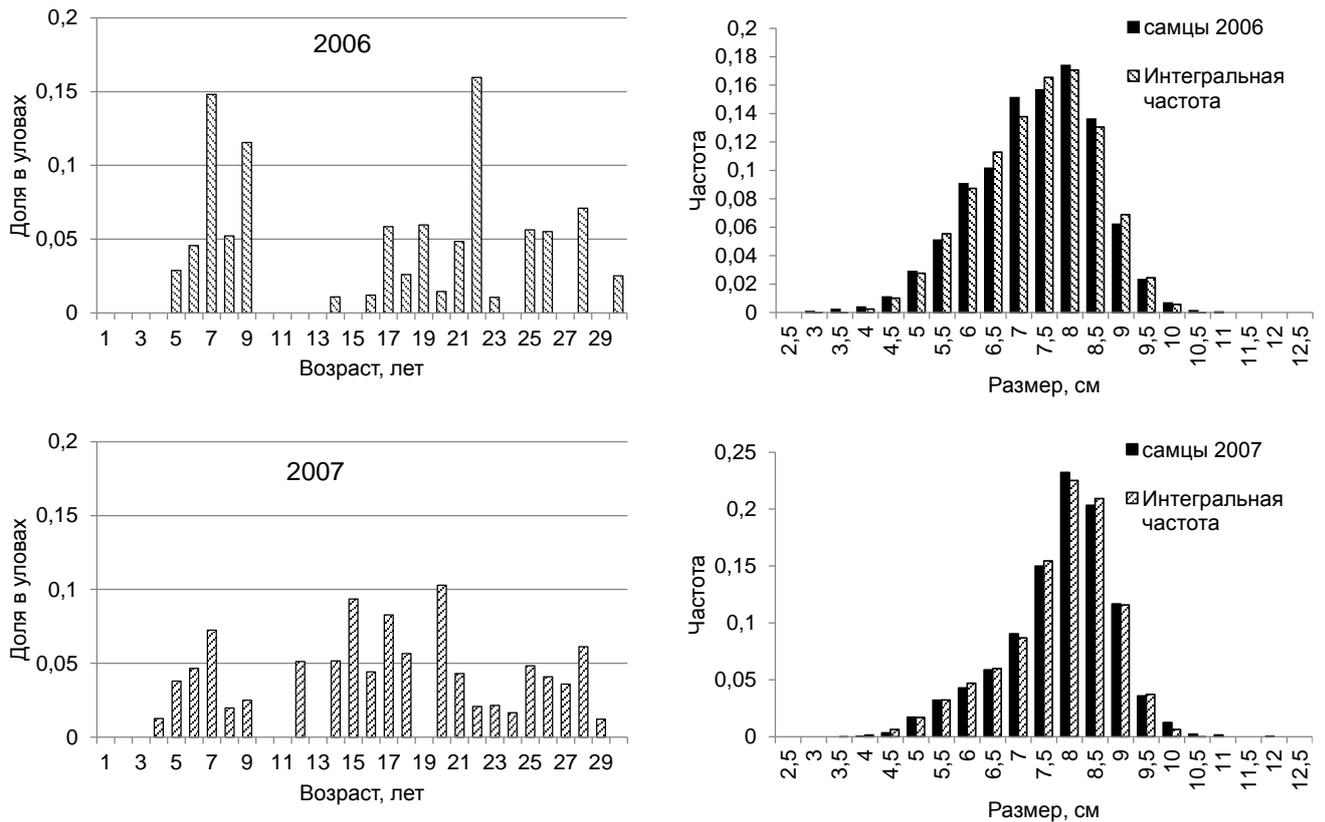


Рисунок 4.1. Пример обнаруженных артефактов по данным СВР во время предварительной настройки модели (гистограммы возрастного состава — слева, гистограммы размерного состава — справа, характеризующие подгонку моделированных данных)

На всех гистограммах возрастного состава распределения имели ярко выраженный мультимодальный характер. Учитывая, что ряды данных наблюдений в многолетнем аспекте не прерывались, модальные классы, характеризующая высоко численные поколения, должны смещаться на следующий год в следующий возрастной класс (Sund, 1930). Однако в некоторых случаях этого не происходило, что, на наш взгляд, говорило о некорректности решения.

Учитывая совпадение района исследований с районом обитания основной, большей части популяции, а также большой объем выборки, несмотря на хорошее качество подгонки (таблица 4.2, рисунок 4.1), описанные и подобные им случаи, на взгляд автора, маловероятны.

### 4.3. Определение параметров уравнения Берталанффи

При поиске причин, приводящих к вышеописанным результатам, предположено, что пространство решений гиперкуба  $\theta$  слишком большое и СВР достаточно сложно найти оптимальное решение, отражающее реальное распределение возрастных когорт в уловах. Критерием оптимальности, в данном случае, считали присутствие всех возрастных классов в средней (наиболее ожидаемой по встречаемости в уловах) части вариационного ряда.

Таким образом, перед поиском решения пространство  $\theta$  необходимо сузить, не отпуская тем самым модель «в свободный поиск», и уже на начальном этапе уменьшить варьирование некоторых параметров вектора  $\theta$ , уточнив их. Из всех переменных вектора наиболее вероятным представлялось уточнить параметры, определяющие уравнение Берталанффи (3.1), и уже в дальнейшем «отпускать» СВР искать решение в пределах уточненных параметров закона роста.

Чтобы по некоторому набору данных построить кривую в соответствии с уравнением Берталанффи, необходимо рассчитать его параметры:  $K$ ,  $L_\infty$ , и  $t_0$ . Для поиска этих констант использован подход, давно применяемый исследователями и основанный на графическом анализе линейных размеров объектов  $L_t$  и  $L_{t+1}$  в следующие друг за другом годы, соответственно, а также на анализе поведения линии регрессии (Ford, 1933; Walford, 1946; Lindner, 1953; Rounsefell, Everhart, 1953; Рикер, 1979).

Но если упомянутые авторы располагали сведениями о возрасте изучаемых гидробионтов, предварительно получив их с помощью анализа структур с возрастными метками, мы такими сведениями не располагали. Поэтому, для получения данных о времени, когда объектом достигнут тот или иной размер, был применен оригинальный подход.

В его основе лежит метод отклонений от среднемноголетнего размерного ряда (Skuladottir, 1981), который, в свою очередь, является модификацией метода слежения за смещением мод (Sund, 1930) во времени. Наблюдая за смещением вдоль оси абсцисс положительных или отрицательных отклонений от среднемноголетнего размерного распределения можно проследить ежегодный рост отдельных ярко выраженных поколений в популяции. Несмотря на известные недостатки этого метода (Низяев и др., 2006), достаточно длинный ряд непрерывных наблюдений и хорошо выраженных урожайных поколений (как показало последующее построение графиков) стал, на наш взгляд, основанием его возможного применения.

Анализировались данные за 9 лет непрерывных наблюдений. Предварительно необходимо добиться наилучшего качества визуализации данных отклонений размерного состава. Это должно выражаться в хорошей сглаженности линии сигнала данных с одной стороны, и с другой — чувствительности к изменениям. Экспериментальным путем получено, что наилучшее качество визуализации показали графики для размерных рядов шириной 0,2 см.

Подход Скуладоттир (Skuladottir, 1981) был модифицирован автором так, чтобы определение значений годовых смещений вдоль оси абсцисс было бы более четким. Для этого рассмотрены не максимальные пики положительных или отрицательных отклонений, которые не всегда однозначно могут быть идентифицированы исследователем, а точки пересечения линии, описывающей сверху и снизу долю выраженных высоко и низко урожайных поколений, соответственно, с осью абсцисс. Другими словами, прослеживалось смещение вдоль оси абсцисс точки смены высоко и низко урожайных поколений, отклонение в которой равно нулю (рисунок 4.2).

Выявлено по 3 поколения самцов и самок, для которых можно четко идентифицировать годовые приросты. Результаты наблюдений за смещением вдоль оси абсцисс размеров поколений, не имеющих отклонений от среднемноголетнего размерного, но имеющих данные по приростам представлены в таблице 4.3 и на рисунках 4.3, 4.4.

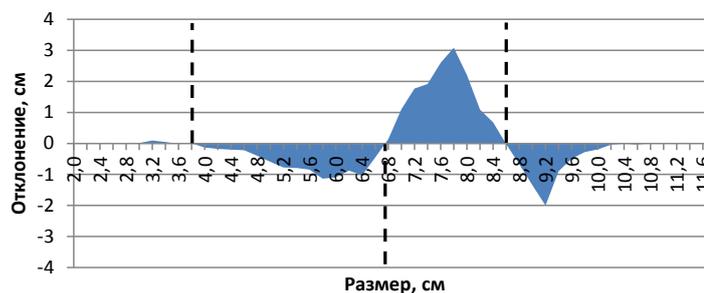


Рисунок 4.2. Пример отклонения размерного состава от среднемноголетних значений и точки снятия данных по годовым смещениям (обозначены пунктирной линией)

Таблица 4.3. Годовые смещения размеров для разных условных поколений *B.osagawai* в 2007–2014 гг.

Поколения	Год							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Самцы								
1 поколение			6,2	6,8	8,1	8,2	8,5	8,8
2 поколение			8,2	8,6	9,9			
3 поколение				3,8	5	5,8	6,4	7
Самки								
1 поколение	4,9	5,6	6,1	6,8	8,45	8,7	8,9	
2 поколение			8,4	8,8				
3 поколение				4,2	5,0	5,7	6,7	

Предположено, что близкие (примерно совпадающие) значения размеров для разных поколений (таблица 4.3) соответствуют одному и тому же возрастному классу, поэтому данные были сгруппированы по соответствующим возрастам, что позволило рассчитать среднемноголетние значения для разных поколений (таблица 4.4). Минимальный наблюдаемый возраст для удобства обозначим  $\tau$ .

Значение возраста  $\tau$  соответствует возрасту двух лет, и было получено Овсянниковым и Островским (2008) экспериментальным путем. В соответствии с этим групповые возрастные значения размеров *B.osagawai* представлены в таблице 4.5.

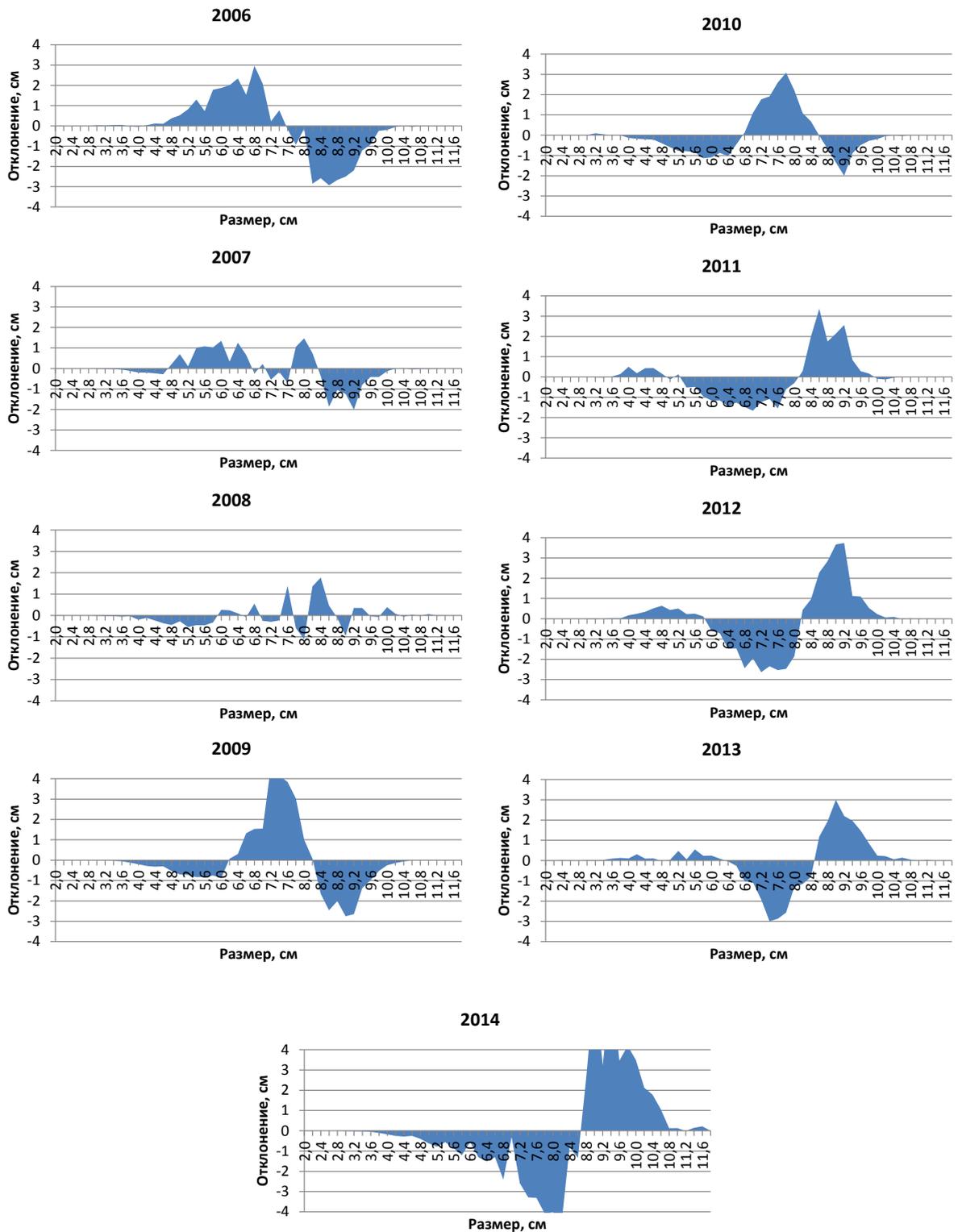


Рисунок 4.3. Диаграммы отклонений размерных рядов самцов *B. osagawai* от среднеголетних значений в 2006–2014 гг.

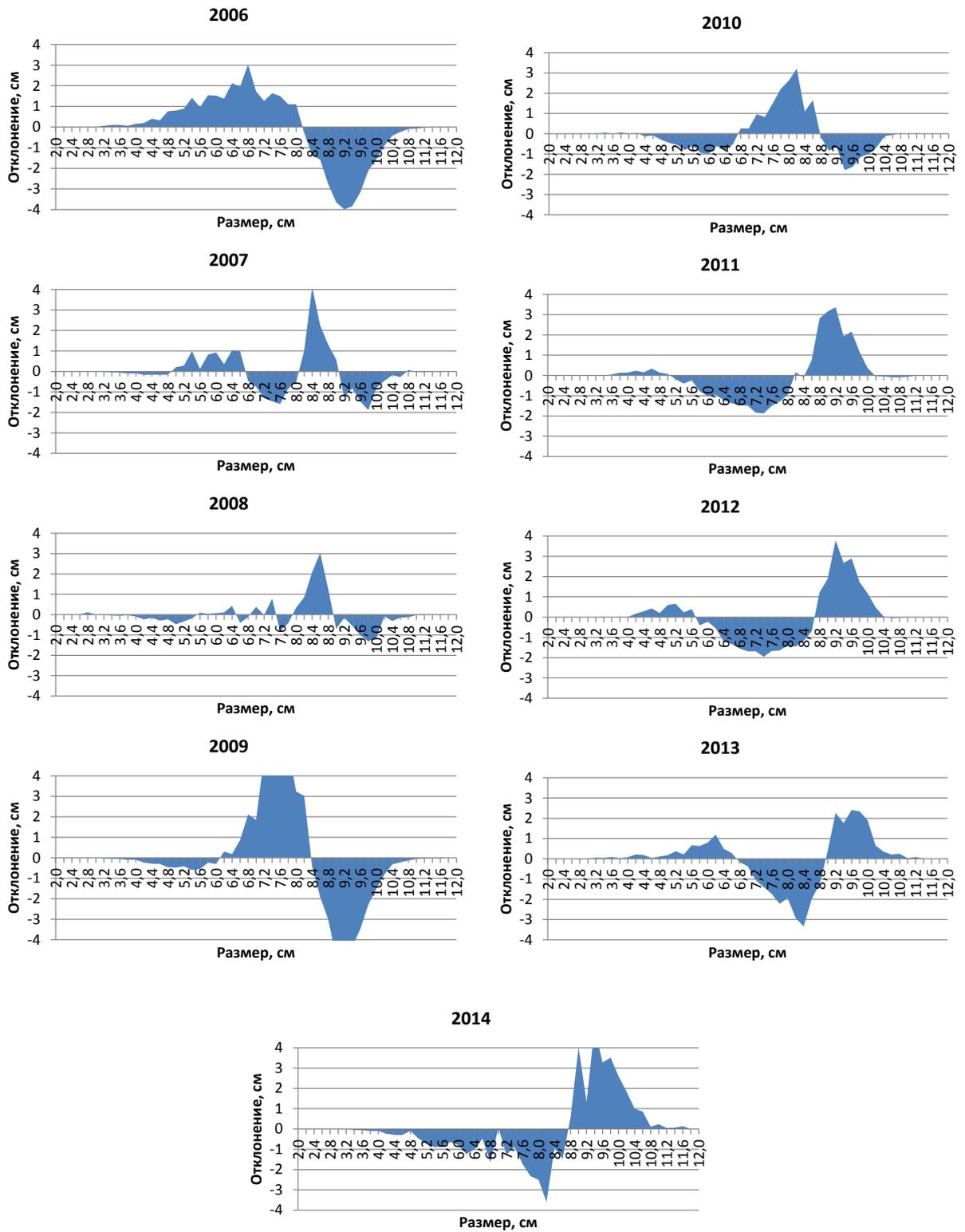


Рисунок 4.4. Диаграммы отклонений размерных рядов самок *B.osagawai* от среднеголетних значений в 2006–2014 гг.

Таблица 4.4. Размеры в годовых классах для разных поколений *B.osagawai*, см

Поколение	Возраст, лет								
	$\tau$	$\tau + 1$	$\tau + 2$	$\tau + 3$	$\tau + 4$	$\tau + 5$	$\tau + 6$	$\tau + 7$	$\tau + 8$
Самцы									
1 поколение	3,8	5	5,8	6,4	7	7,5			
2 поколение				6,2	6,8	8,1	8,2	8,5	8,7
3 поколение							8,2	8,6	9,9
Среднее	3,8	5	5,8	6,3	6,9	7,8	8,2	8,55	9,3
Самки									
1 поколение		4,9	5,6	6,1	6,7	8,2	8,7	8,9	9,2
2 поколение							8,4	8,8	
3 поколение	4,2	5	5,7	6,7	7				
Среднее	4,2	4,95	5,65	6,4	6,85	8,2	8,55	8,85	9,2

Таблица 4.5. Размеры трубочей *B.osagawai* в годовых классах для разных возрастов по многолетним данным, см

Пол	Возраст, лет								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Самцы	3,8	5	5,8	6,3	6,9	7,8	8,2	8,55	9,3
Самки	4,2	4,95	5,65	6,4	6,85	8,2	8,55	8,85	9,2

Для каждого из множеств, характеризующих реализации соответствия размеров возрастному классу самцов и самок с помощью метода наименьших квадратов были рассчитаны коэффициенты уравнения Бергаланффи (3.1). По найденным наборам коэффициентов уравнения (таблица 4.6) построены кривые роста (рисунок 4.5) которые считали истинными для среднемноголетних групповых законов роста самцов и самок.

Таблица 4.6. Оптимальные параметры уравнения Бергаланффи для *B.osagawai* по многолетним данным ( $p=0,05$ )

Пол	Коэфф. роста Броди $K$ , 1/лет		Асимпт. размер $L_{\infty}$ , см		Условный возраст нулевого размера $t_0$ , лет		$R^2$
	Оценка	Ст. ошибка	Оценка	Ст. ошибка	Оценка	Ст. ошибка	
самцы	0,099	0,027	13,470	0,324	-1,481	0,348	0,996
самки	0,085	0,048	14,810	0,539	-1,856	0,752	0,989

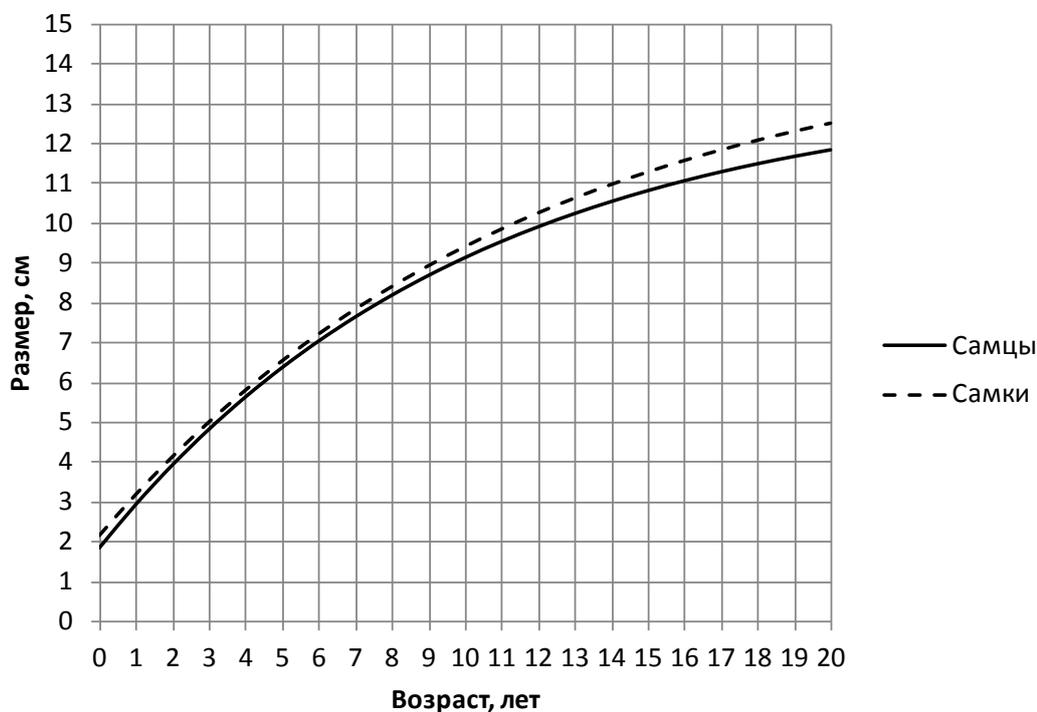


Рисунок 4.5. Графики уравнений Берталанффи для самцов и самок *B.osagawai*

Анализ годовых приростов показал, что рост *B.osagawai* имеет гладко-ступенчатый S-образный характер (рисунок 4.6). Учитывая это можно говорить лишь о примерном описании роста трубачей уравнением Берталанффи с гладкой линией его графической интерпретации. Также, можем отметить, что линейные тренды годовых приростов говорят о тенденции к снижению абсолютной величины прироста раковины в процессе жизненного цикла. При этом скорость снижения годового прироста у самцов и самок была в среднем одинаковой, о чем говорят практически совпадающие углы наклона проведенных к кривым трендов. Для полученных уравнений эти особенности роста самцов и самок также нетрудно проследить.

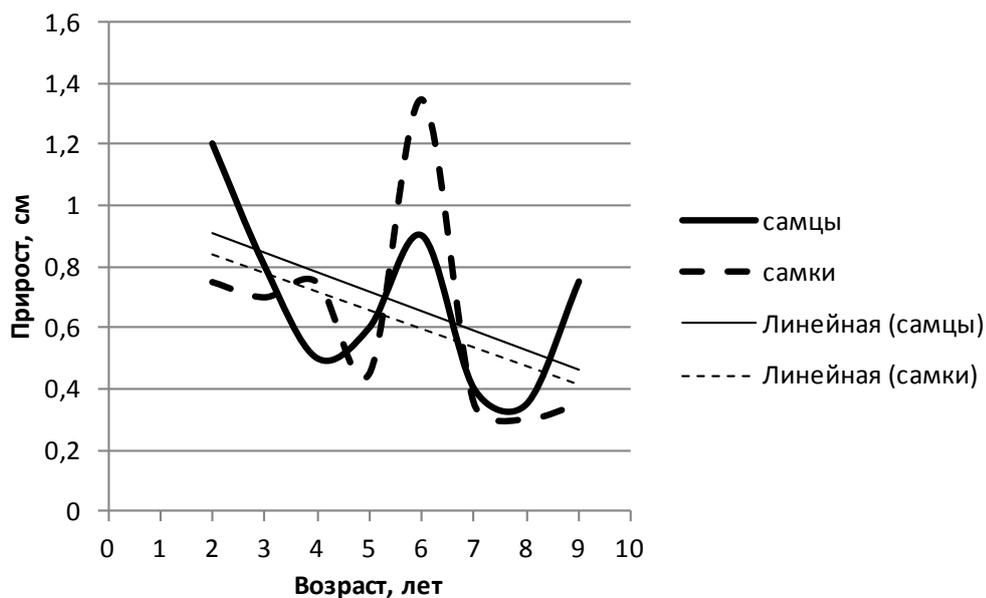


Рисунок 4.6. Зависимость величины годового прироста от возраста трубачей по модельным данным и линейные регрессии

Анализ прямых Уолфорда (Walford, 1946) (рисунок 4.7), построенных по модельным данным (таблица 4.5) показал, что у самцов годовой прирост снижается на протяжении всей жизни, и при размере около 13,5 см рост прекращается. Чем ближе линия регрессии  $L_t$  и  $L_{t+1}$  (назовём ее линией прироста) к линии, проведенной под углом  $45^\circ$ , тем больше годовой прирост при данном размере. У самок рост происходит иначе. На протяжении увеличения их размеров до примерно 6–7 см, линия прироста параллельна линии, проведенной под углом  $45^\circ$ , т.е. годовой прирост имеет постоянную величину. Однако в последующем угол наклона линии увеличивается, что говорит о снижении величин годовых приростов. Значение 7 см это размер установленной промысловой меры, единой для самцов и самок трубачей. Как правило, он совпадет с размером массового полового созревания. Рост самок прекращается при размере около 14,5 см. Таким образом, значение асимптотического размера  $L_\infty$  самцов и самок, снятое с прямых Уолфорда, почти не отличается от рассчитанных нами данных методом наименьших квадратов (таблица 4.6). При этом и линии построенных регрессий зависимости прироста от возраста (рисунок 4.6), и построенные прямые Уолфорда (рисунок 4.7) характерно показывают, что рост у трубачей к концу

жизни замедляется. Таким образом, уравнение Берталанффи возможно применить для описания группового роста моллюсков *B.osagawai*.

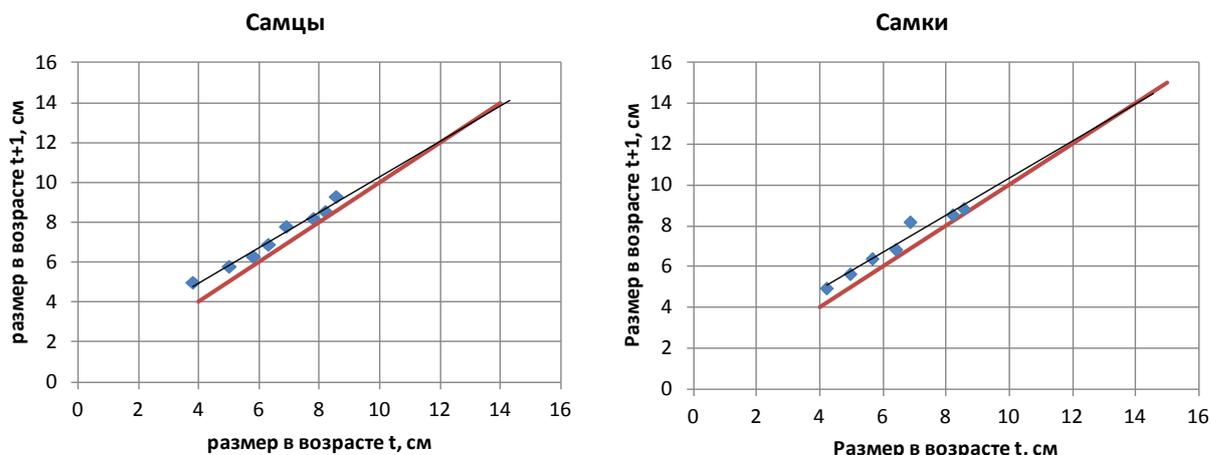


Рисунок 4.7. Графики Уолфорда – зависимости размеров по модельным данным в возрасте  $t+1$  от размера в возрасте  $t$  для самцов и самок *B.osagawai*

#### 4.4. Сепарация смеси размерных распределений на возрастные классы

Уточнение уравнения Берталанффи группового роста трубачей *B.osagawai* позволило уменьшить пространство решений гиперкуба  $\theta$  с вариабельностью в области найденных параметров в пределах стандартной ошибки при 95% уровне статистической значимости (таблица 4.7). Первые результаты моделирования показали, что выявленные ранее артефакты устранены, а сепарация смеси распределений улучшилась. В связи с этим, для уменьшения пространства поиска решений значение максимальной продолжительности жизни в популяции  $t_k$  снижено до 15.

С новыми входными в модель параметрами (таблица 4.7) количество итераций ГА увеличено до 500, а количество особей — до максимального 10000. Необходимо отметить, что при увеличении последнего параметра вероятность попадания значения ЦФ в ложный минимум увеличивается (по устн. сообщению А.А. Михеева). Снижение влияния этой особенности ГА возможно при увеличении свойства мутации. Первоначальное тестирование проводилось с вероятностью мутации особей 5%, принятой программно по умолчанию. Модель СВР протестировали с разными значениями вероятности мутации от 1 до 20%.

При вероятности мутации 9% обнаружен наиболее оптимальный характер поведения ЦФ при большом числе особей ГА, что в некоторых случаях заметно снижало значение ЦФ.

Таблица 4.7. Уточненные параметры гиперкуба  $\theta$  возможных решений для модели СВР

Параметр	Стартовое значение	Левая граница	Правая граница
Самцы			
Максимальная продолжительность жизни в популяции $t_k$ , лет	15		
Коэффициент роста Броуди $K$ , 1/лет	0,099	0,027	0,171
Асимптотический размер $L_\infty$ , см	13,476	8,699	18,253
Условный возраст нулевого размера $t_0$ , лет	-1,481	-2,840	-0,122
Ст.отклонение размера тела в личиночной стадии $\sigma_0$ , см	0,2	0	0,5
Самки			
Максимальная продолжительность жизни в популяции $t_k$ , лет	15		
Коэффициент роста Броуди $K$ , 1/лет	0,085	-0,016	0,185
Асимптотический размер $L_\infty$ , см	14,810	5,581	24,039
Условный возраст нулевого размера $t_0$ , лет	-1,856	-4,048	0,335
Ст.отклонение размера тела в личиночной стадии $\sigma_0$ , см	0,2	0	0,5

В результате оптимизации параметров с помощью ГА сепарация смеси распределений успешно выполнена (рисунок 4.8–4.11, таблица 4.8, 4.9). Полученные значения целевой функции, сравнительные гистограммы размерного распределения и его интегральной характеристики по данным СВР, отсутствие артефактов в распределениях возрастного состава говорят о хорошем качестве полученных результатов.

Для самцов трубачей *B.osagawai* максимальный возраст в уловах составил 13+ лет (в 2012 г.), минимальный — 2+ лет (в 2007, 2011–2013 гг.). Выявлено урожайное поколение 2008 г.р., на графиках возрастного состава (рисунок 4.12) оно легко определяется в возрасте 3+ в 2011 г. Кроме того, виден вклад

поколений, рожденных в 1999–2001 гг. в пополнение промысловой части популяции в последующие годы.

Максимальный возраст самок трубачей *B.osagawai* в уловах составил 13+ лет (в 2007, 2008, 2010 гг.), минимальный — 2+ лет (в 2010–2013 гг.). Также как и у самцов, выявлено урожайное поколение 2008 г.р. На графиках возрастного состава (рисунок 4.13) оно определяется в возрасте 3+ в 2011 г. Также виден вклад поколений, рожденных в 1999–2001 гг. в пополнение промысловой части популяции в последующие годы.

Несмотря на то, что и самцы и самки в условиях промысла по нашим данным могут достигать в некоторые годы возраста 13+ лет, по многолетним данным средний терминальный возраст для обоих полов составил 11,8 лет. Учитывая, что речь идет об активно эксплуатируемой популяции, отсутствие возрастной половой дифференциации может происходить из-за одинаковой облавливаемости обоих полов.

В других регионах, например, в Приморском регионе Дальнего Востока (зал. Петра Великого) возрастной состав районов концентраций брюхоногих моллюсков рода *Vissium* имеет отличия. В основном популяция представлена особями 3–7 лет (86–88 %), которые считаются старшими (Репина, 2005). Особи с возрастом до трех лет, как и по нашим данным, в уловах встречаются крайне редко.

Необходимо отметить, что уравнение Бергаланффи может достаточно корректно описать рост трубачей и его применение возможно для моделирования их роста. Ранее было показано, что уравнение описывает рост не только брюхоногих моллюсков (Репина, 2005; Овсянников, Островский, 2008), но и других, например двустворчатых (Колпаков, 2011).

Одним из важных результатов данной части диссертационной работы можно считать определение границ пространства гиперкуба  $\theta$ , в котором может находиться решение задачи по определению возрастного состава трубачей *B.osagawai* Притауйского района Северо-Охотоморской подзоны с помощью модели СВР. Сужение границ поиска этого решения (ввиду значительных

временных затрат для тонкой настройки модели) существенно оптимизирует аналогичный процесс в будущем.

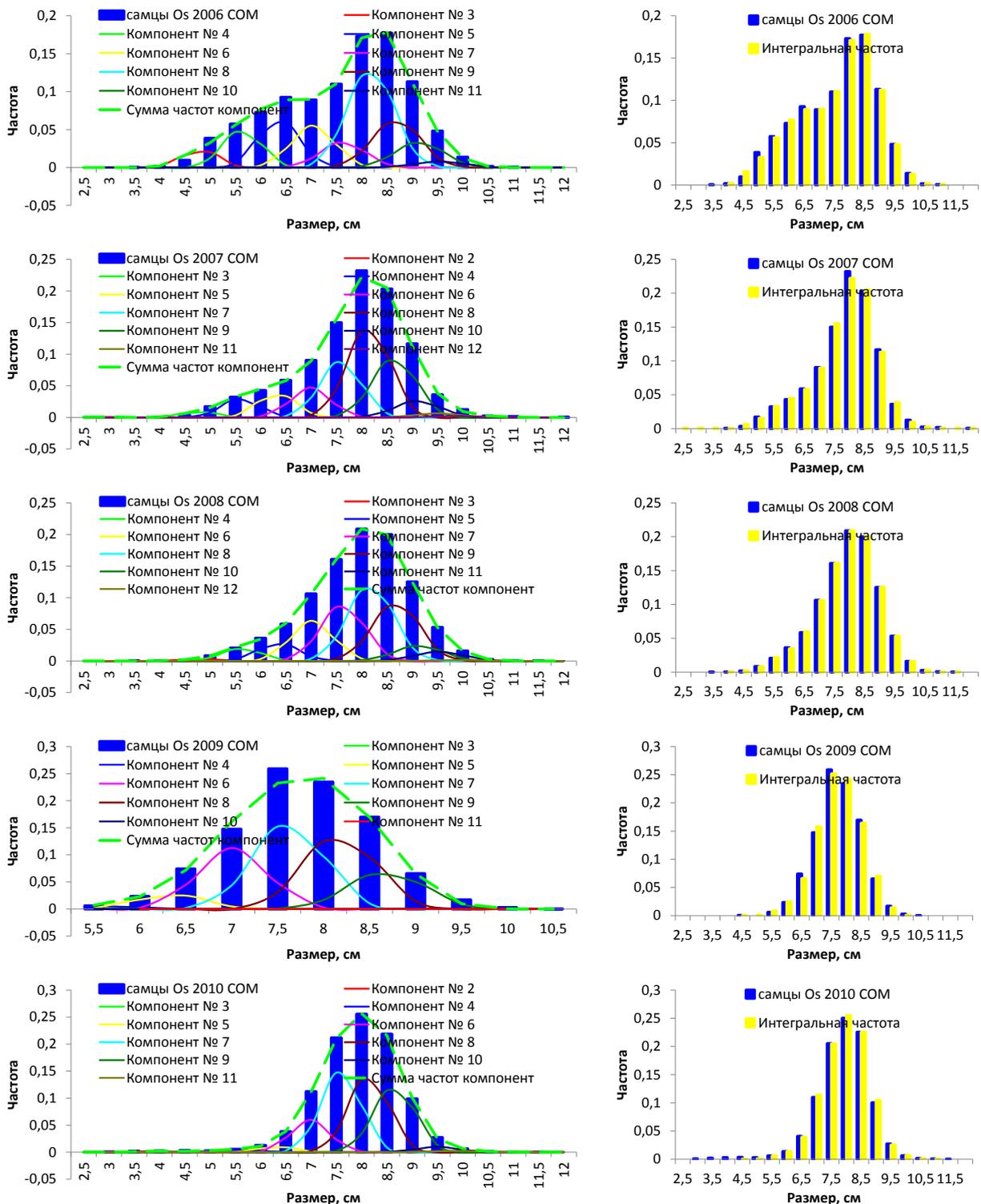


Рисунок 4.8. Разделение смеси (слева) распределений эмпирического размерного состава самцов *B.osagawai* по данным 2006–2010 гг. Сравнение соответствующих (справа) эмпирического и интегрального распределений

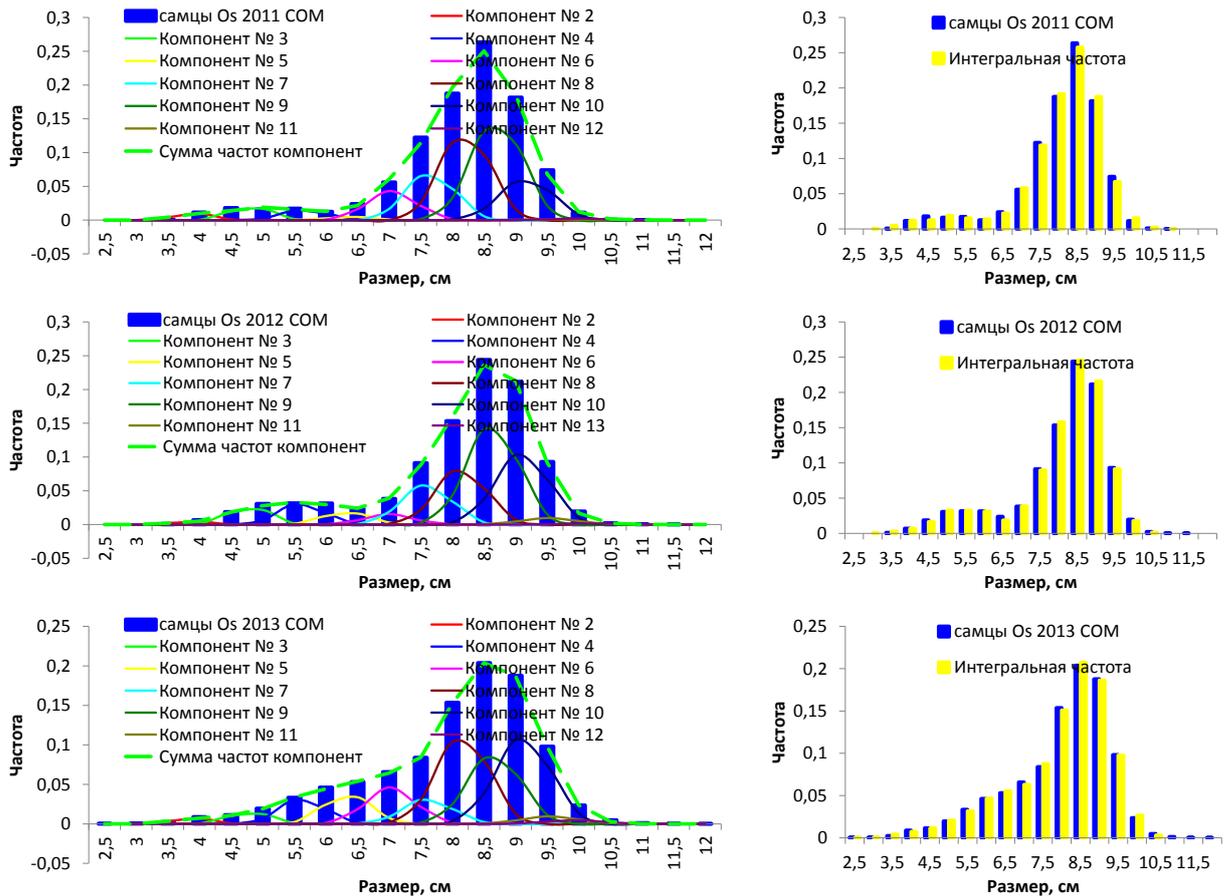


Рисунок 4.9. Разделение смеси (слева) распределений эмпирического размерного состава самцов *B.osagawai* по данным 2011–2013 гг. Сравнение соответствующих (справа) эмпирического и интегрального распределений

Таблица 4.8. Результаты работы ГА СВР в оптимизированном пространстве решений  $\theta$  для самцов *B.osagawai*

Год	Макс. возр. $t_k$ , лет	Кoeff. роста Броуди $K$ , 1/лет	Асимпт. размер $L_\infty$ , см	Условный возраст нулевого размера $t_0$ , лет	Ст. откл. размера тела в личиночной стадии $\sigma_0$ , см	Значение ЦФ, ед. $\times 10^{-5}$
2006	11	0,099	13,450	-1,482	0,21	10,7
2007	12	0,098	13,440	-1,481	0,19	15,5
2008	12	0,099	13,446	-1,481	0,20	3,2
2009	11	0,098	13,455	-1,482	0,18	3,4
2010	11	0,098	13,440	-1,480	0,18	9,4
2011	12	0,099	13,452	-1,482	0,18	2,4
2012	13	0,098	13,449	-1,482	0,18	9,2
2013	12	0,099	13,450	-1,480	0,18	7,3

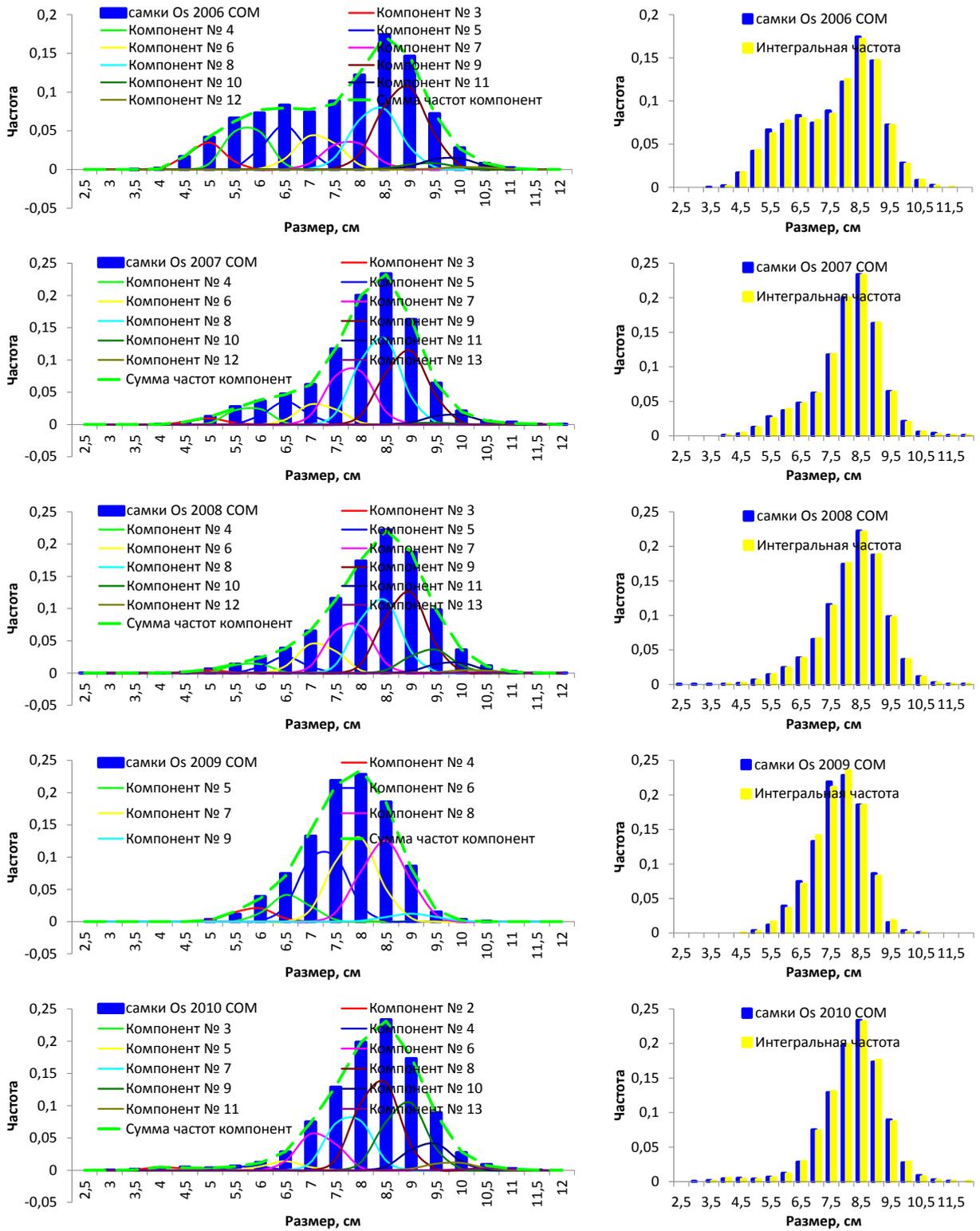


Рисунок 4.10. Разделение смеси (слева) распределений эмпирического размерного состава самок *B.osagawai* по данным 2006–2010 гг. Сравнение соответствующих (справа) эмпирического и интегрального распределений

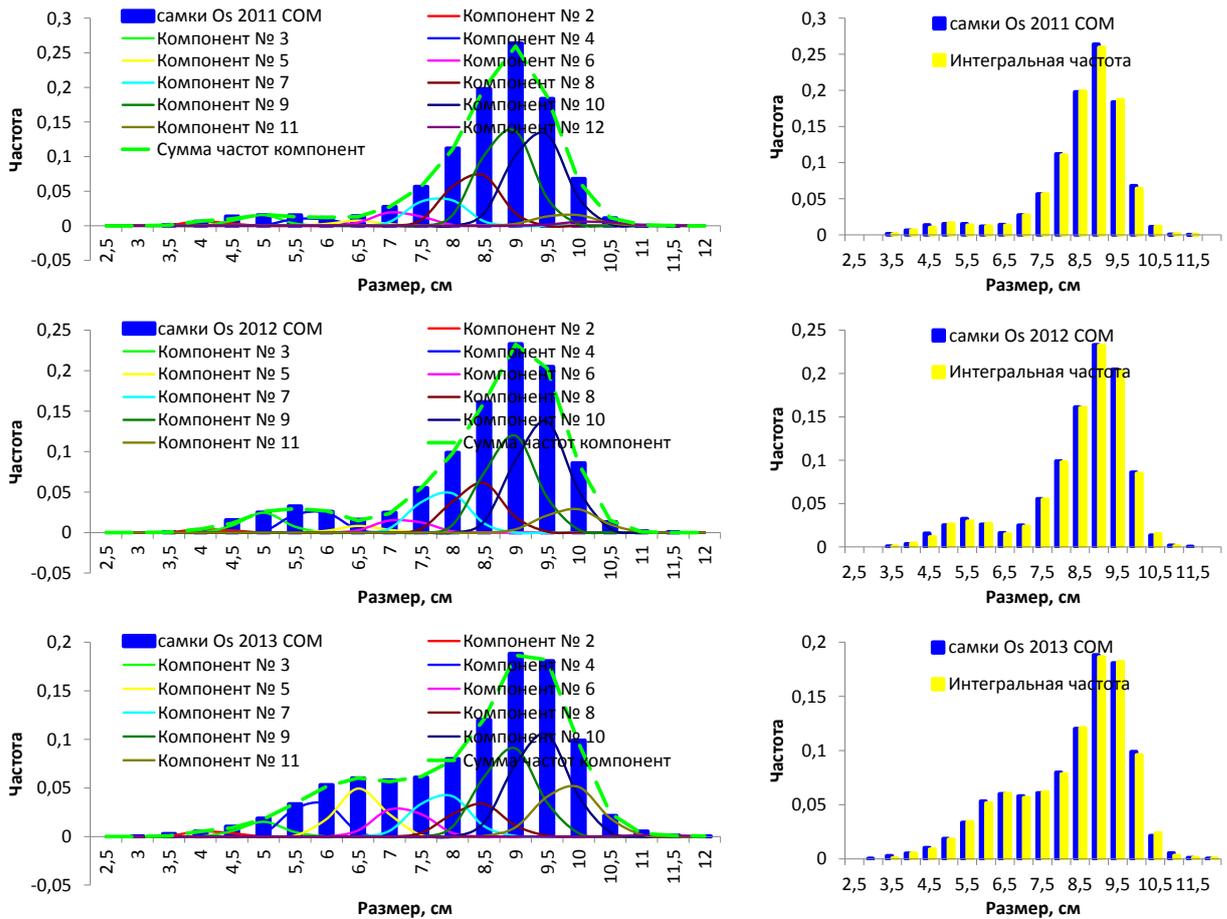


Рисунок 4.11. Разделение смеси (слева) распределений эмпирического размерного состава самок *B.osagawai* по данным 2011–2013 гг. Сравнение соответствующих (справа) эмпирического и интегрального распределений

Таблица 4.9. Результаты работы ГА СВР в оптимизированном пространстве решений  $\theta$  для самок *B.osagawai*

Год	Макс. возр. $t_k$ , лет	Коэфф. роста Бруды $K$ , 1/лет	Асимпт. размер $L_\infty$ , см	Условный возраст нулевого размера $t_0$ , лет	Ст. откл. размера тела в личиночной стадии $\sigma_0$ , см	Значение ЦФ, ед. $\times 10^{-5}$
2006	12	0,084153397	14,803	-1,850	0,20	9,2
2007	13	0,084346268	14,802	-1,851	0,19	2,1
2008	13	0,084254501	14,808	-1,851	0,18	1,3
2009	9	0,085843904	14,803	-1,856	0,20	20,1
2010	13	0,084008987	14,805	-1,855	0,18	3,0
2011	12	0,084003952	14,801	-1,850	0,17	7,1
2012	11	0,084861862	14,819	-1,850	0,17	4,2
2013	11	0,08474794	14,802	-1,857	0,18	4,4

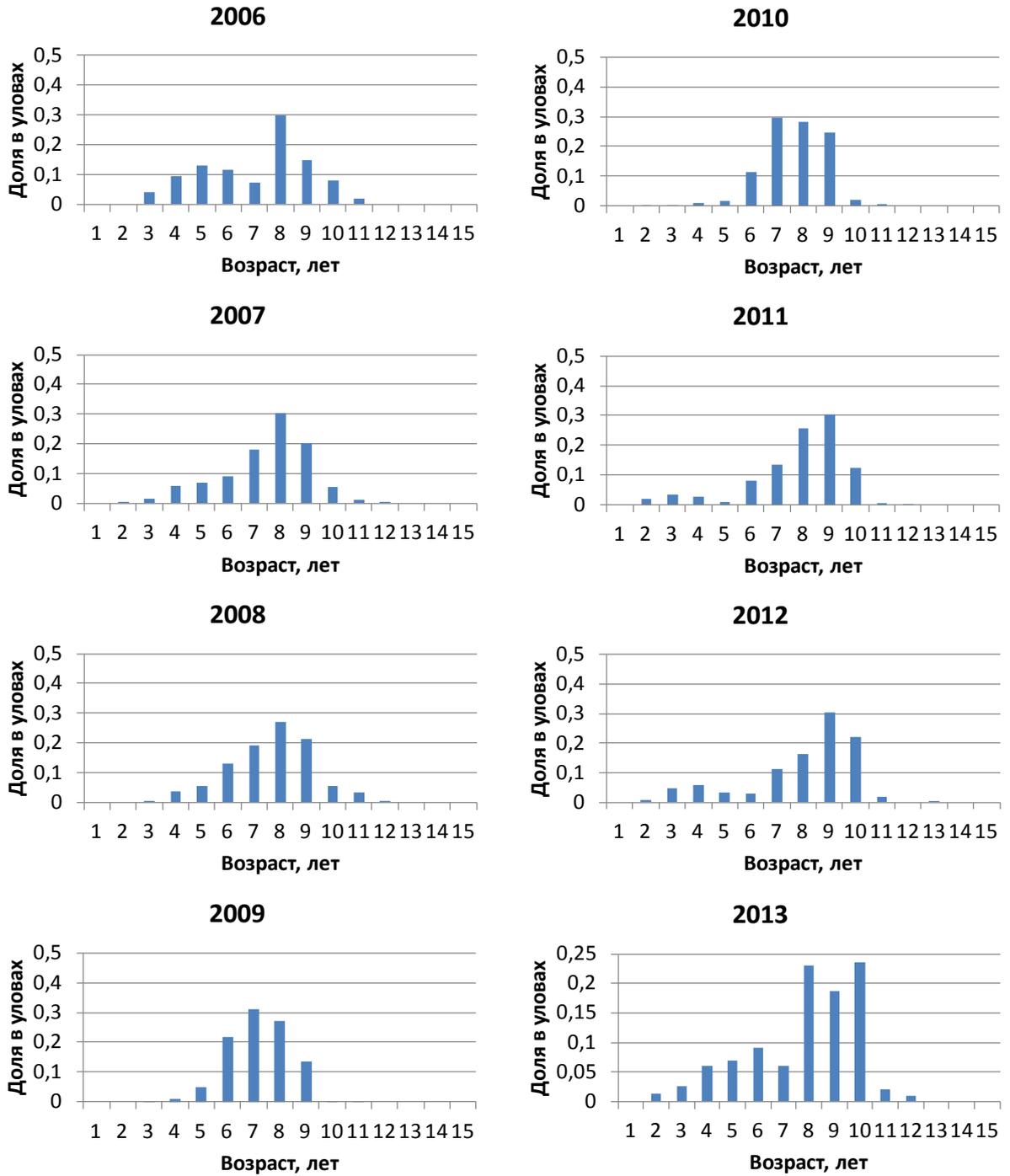


Рисунок 4.12. Динамика возрастного состава самцов *B.osagawai* по данным 2006–2013 гг.

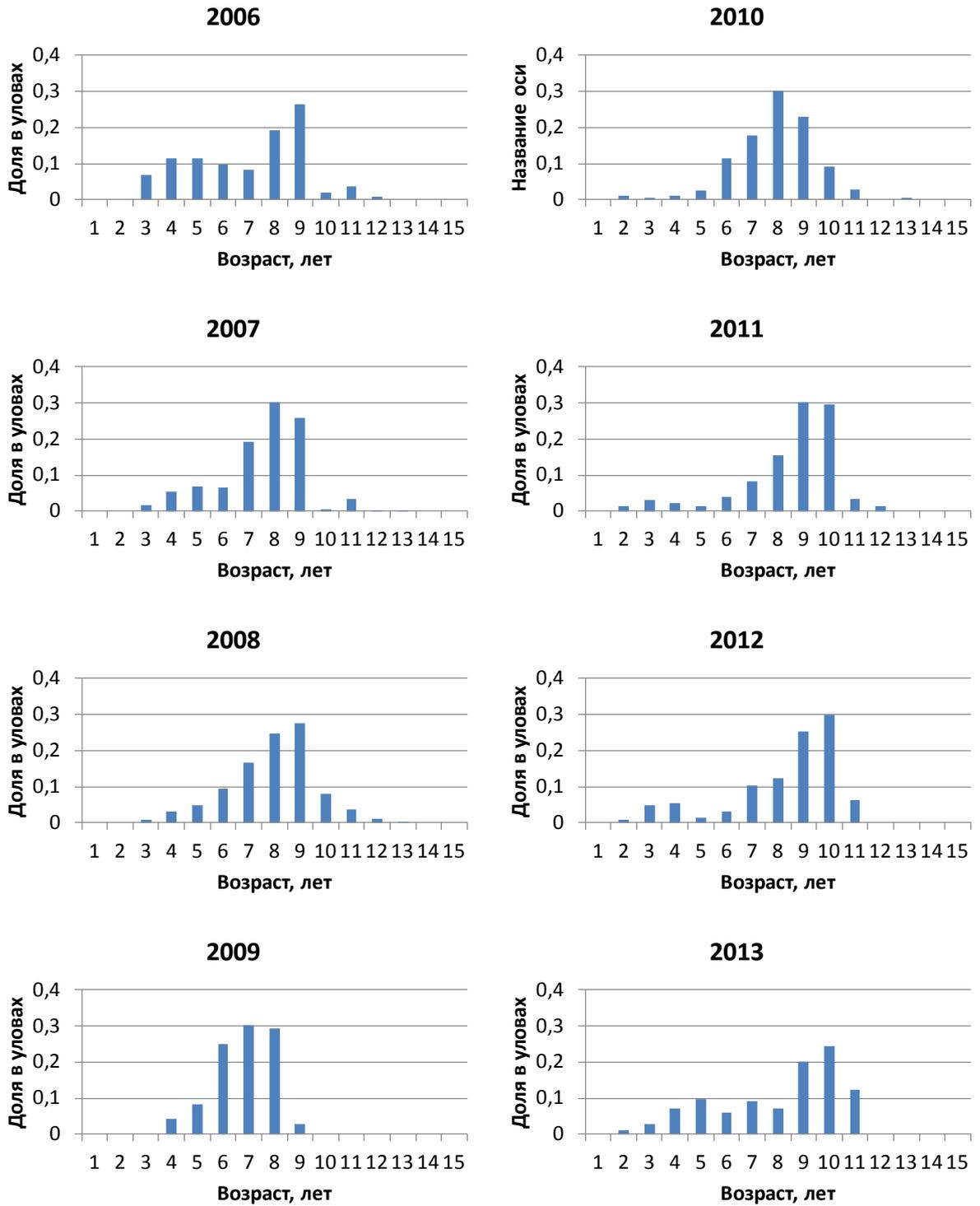


Рисунок 4.13. Динамика возрастного состава самок *B.osagawai* по данным 2006–2013 гг.

## ГЛАВА 5. УТОЧНЕНИЕ ОБЪЕМОВ ВЫЛОВА ТРУБАЧЕЙ

*BUCCINUM OSAGAWAI***5.1. Постановка проблемы**

Ловушечный промысел донных видов беспозвоночных развит очень широко. Ежегодно в Северо-Охотоморской подзоне выбирается более 1,5 млн ловушек, в 2012 г. эта величина составила около 2,8 млн. В настоящее время задача оценки промысловой смертности сводится, к оценке официального вылова.

Между тем, эта задача не тривиальная, как может казаться на первый взгляд. Обобщить данные промысловой статистики о вылове, поступающей с судов недостаточно. Неопределенность вносит ННН-промысел (Международный..., 2008), который, к сожалению, в настоящее время не удастся полностью искоренить. Поэтому, прежде чем приступить к работе с данными о вылове беспозвоночных, необходимо проверять промысловую статистику на предмет ее адекватности. Использование только адекватных данных дает возможность получения статистически значимых оценок в дальнейших исследованиях и устранил неопределённость, связанную с искажением данных промысла.

Например, такая неопределённость существует для промышленного лова трубочей в Северо-Охотоморской подзоне. С 2006 г. в промысле трубочей в Северо-Охотоморской подзоне ежегодно участвовали от 7 до 12 судов. Для популяций трубочей, обитающих в Притауйском районе, характерно наличие скоплений однородной (в среднем) плотности, которая зависит от года и сезона промысла (Григоров, 2011). Поэтому у судов, ведущих лов в этом районе и обладающих почти одними и теми же промысловыми характеристиками, уловы должны быть в среднем одинаковые. Однако по мере увеличения интенсивности промысла с 2006 г. наблюдается тенденция разделения всех судов на две группы по показателю эффективности лова трубочей. В качестве такого показателя можно использовать средний суточный вылов и улов на ловушку (Григоров, 2011).

По данным Григорова (2011), рассмотрим работу трубачеловных судов в 2010 г. К первой группе относились суда с уловами 6–8 кг/лов. Средние суточные уловы в этой группе в течение года не опускались ниже 6,5 т (рисунок 5.1). Из четырех судов этой группы, три — находились на промысле не более 2 месяцев, и одно судно работало с мая по декабрь. В 2010 г. суда этой группы в течение 355 судосуток выбрали 60% квоты трубачей в Северо-Охотоморской подзоне.

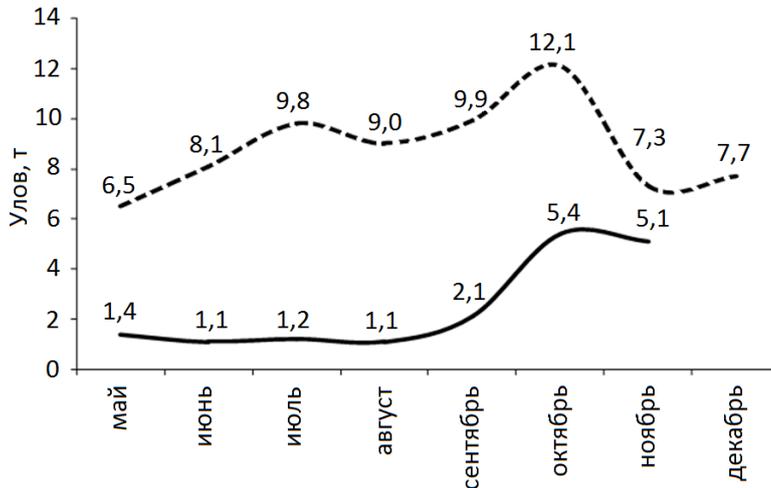


Рисунок 5.1. Среднемесячные суточные выловы двух групп судов на промысле трубачей в Притауйском районе в 2010 г. (по: Григоров, 2011): (- - -) – группа 1, (—) – группа 2

Ко второй группе относились суда с уловами 1–2 кг/лов. Для судов этой группы характерно наличие относительно небольшой квоты трубачей (200–400 т), которая осваивается весь безледовый период (с мая по ноябрь). Фактически период промысла судов второй группы был ограничен лишь погодными условиями. Суда второй группы в течение пяти месяцев показывали минимальные суточные уловы (1,1–1,5 т). И только в октябре–ноябре их уловы резко повысились. Такое распределение в течение года не типично для промысла трубачей в Притауйском районе, что подтверждается промысловыми показателями первой группы судов. Фактический вылов судов второй группы составил 40% выделенной квоты трубачей за 866 судосуток. Доля судов на промысле, которые относятся ко второй группе, ежегодно составляет не менее 60%, и состав группы не менялся (Григоров, 2011).

Григоров (2011) считает, что суда второй группы, искажая истинную информацию о промысле, вели ННН-промысел. Поэтому оценка величины фактического вылова не может быть основана на данных официальной промысловой статистики.

Процессы, происходящие в живой природе, обусловлены взаимодействием большого числа факторов и часто могут рассматриваться как случайные. Ловушки, используемые при промысле беспозвоночных, являются пассивными орудиями лова, и их уловы — случайные величины. Процесс лова ловушками, в нашем понимании, может быть объяснен природными (биотическими и абиотическими) факторами и описан вероятностным законом распределения случайной величины, распределенной непрерывно.

Искажая информацию о своей промысловой деятельности, пользователь ВБР формирует индивидуальный массив данных об уловах, отличных от аналогичных данных, обусловленных естественными причинами. Сделано предположение о том, что по уловам на ловушку отдельного судна можно в большей степени судить о вероятности улова определенного вида гидробионтов в месте лова, чем о промысловых характеристиках того или иного судна (мощность промыслового вооружения, опыт экипажа, тип и качество приманки и т.д.). В то же время допускаем, что такие характеристики, как максимальные и средние уловы на ловушку или суточный вылов, при сравнении этих величин между собой для разных судов, могут зависеть непосредственно от характеристик судна и отличаться.

В представленном исследовании выявлены статистически значимые критерии, с помощью которых можно считать данные промысловой статистики адекватными или не считать их таковыми. В этой связи представлялось актуальным оценить возможность использования одного или нескольких вероятностных распределений значений уловов для оценки качества сведений, поступающих с промысла, и оценить пределы допустимой вариабельности критериев оценки, если таковые будут выявлены.

Исследование особенностей вероятностных свойств процесса ловушечного лова, поиск критериев для определения адекватности сведений об уловах и их применение выполнено впервые в рамках настоящей работы. О существовании

публикаций в российской и зарубежной литературе по данному вопросу автору неизвестно.

## 5.2. Результаты

Несмотря на то, что суда работали в одном районе, исследуемые выборки сильно отличались друг от друга и были неоднозначны в части характеристик промысловой обстановки (таблица 5.1, рисунок 5.2).

Таблица 5.1. Характеристика исследуемых данных и их некоторые описательные статистики

Условный номер судна	Количество промысловых суток	Улов в сутки, кг/лов.			Статистические	
		средний	min	max	Ст. откл. $\sigma$	Ошибка средней
1	106	5,1	0,7	10,8	2,0	0,19
2	61	4,0	2,8	6,3	0,7	0,10
3	87	4,1	2,2	8,7	1,1	0,12
4	156	2,1	0,4	6,3	1,2	0,10
5	155	2,8	0,8	6,6	1,9	0,15
6	70	2,0	0,7	31,8	4,0	0,47
7	108	2,1	0,6	12,7	1,7	0,17
8	141	6,1	0,8	12,4	1,8	0,15
9	145	6,4	0,3	13,5	2,5	0,21
10	120	7,3	1,7	13,7	2,5	0,23
11	136	4,4	0,3	12,3	2,1	0,18
12	83	4,1	1,7	15,6	1,8	0,20
13	109	3,6	1,7	5,2	0,7	0,07
14	132	4,8	1,0	9,9	1,6	0,14
15	37	5,1	2,8	7,6	0,9	0,16
16	187	4,1	0,3	11,2	1,5	0,11
17	60	3,4	2,0	6,4	0,9	0,12

В результате графического анализа на вероятностной бумаге данные разделились на две группы. Первая группа данных хорошо подгонялась под некоторые типы распределений, с редкими статистическими выбросами, вторая группа не соответствовала ни одному из них, как показано на примере для экстремального закона распределения (рисунок 5.3).

Из всех исследованных типов вероятностных распределений наилучшим образом подгонялись распределения только для трех судов (№ 1–3). Для четырех

судов данные на вероятностной бумаге выстраивались в  $S$ -образную кривую (рисунок 5.3,  $z$ -ж), что говорит о несоответствии между эмпирическим и теоретическим распределением данных.

По многолетним массивам, полученным наблюдателями на судах № 8–17, данные также хорошо подгонялись, как и в случае для судов № 1–3.

Ввиду того, что речь идет о визуальном восприятии исследователем графического материала, полученные оценки принимались как экспертные (таблица 5.2). Экспоненциальное, бета и распределение Рэлея были исключены из последующего анализа, так как ни для одного случая достоверных сведений об аппроксимации данных соответствующим вероятностным распределениям не выявлено.

Среди оставшихся пяти типов вероятностных распределений визуально наименьшую степень подгонки данных к теоретическому распределению показало распределение гамма, логнормальное и распределение Вейбула, наибольшую — нормальное и экстремальное. Между тем, все пять типов распределений, возможно, могут быть использованы для описания зависимости уловов на ловушку от его вероятностного ожидания.

Из предварительно выявленных вероятностных распределений, которым, возможно, подтверждена исследуемая величина, с помощью модуля «Подгонка распределения» в Statistica оценена степень близости к нормальному, гамма и логнормальному вероятностным законам.

Для анализируемых вариационных рядов единственного закона распределения не выявлено (таблица 5.3). Наилучшая степень аппроксимации теоретического закона эмпирическим данным среди всех рядов была получена для логнормального распределения массива данных № 2 ( $\chi^2 = 0,4$ ,  $p = 0,83$ ). Отметим, что, с одной стороны, первичные данные о промысловых усилиях в этом случае были собраны научным сотрудником. С другой — эти данные относительно остальных рядов данных (таблица 5.1) наименее дисперсные ( $\sigma = 0,7$ ). Видимо, их можно считать наименее зашумленными. Кроме этого, логнормальное распределение наилучшим образом аппроксимировалось для рядов № 2,3,12,17 ( $\chi^2_{\text{ср.}} = 1,9$ ). Для рядов 10, 11, 13  $\chi^2$  Пирсона был наименьшим в случае гамма-распределения ( $\chi^2_{\text{ср.}} = 4,3$ ). А для рядов 1,8,9,14,16 вероятностное распределение их значений лучше всего описывалось нормальным законом ( $\chi^2_{\text{ср.}} = 5,8$ ).



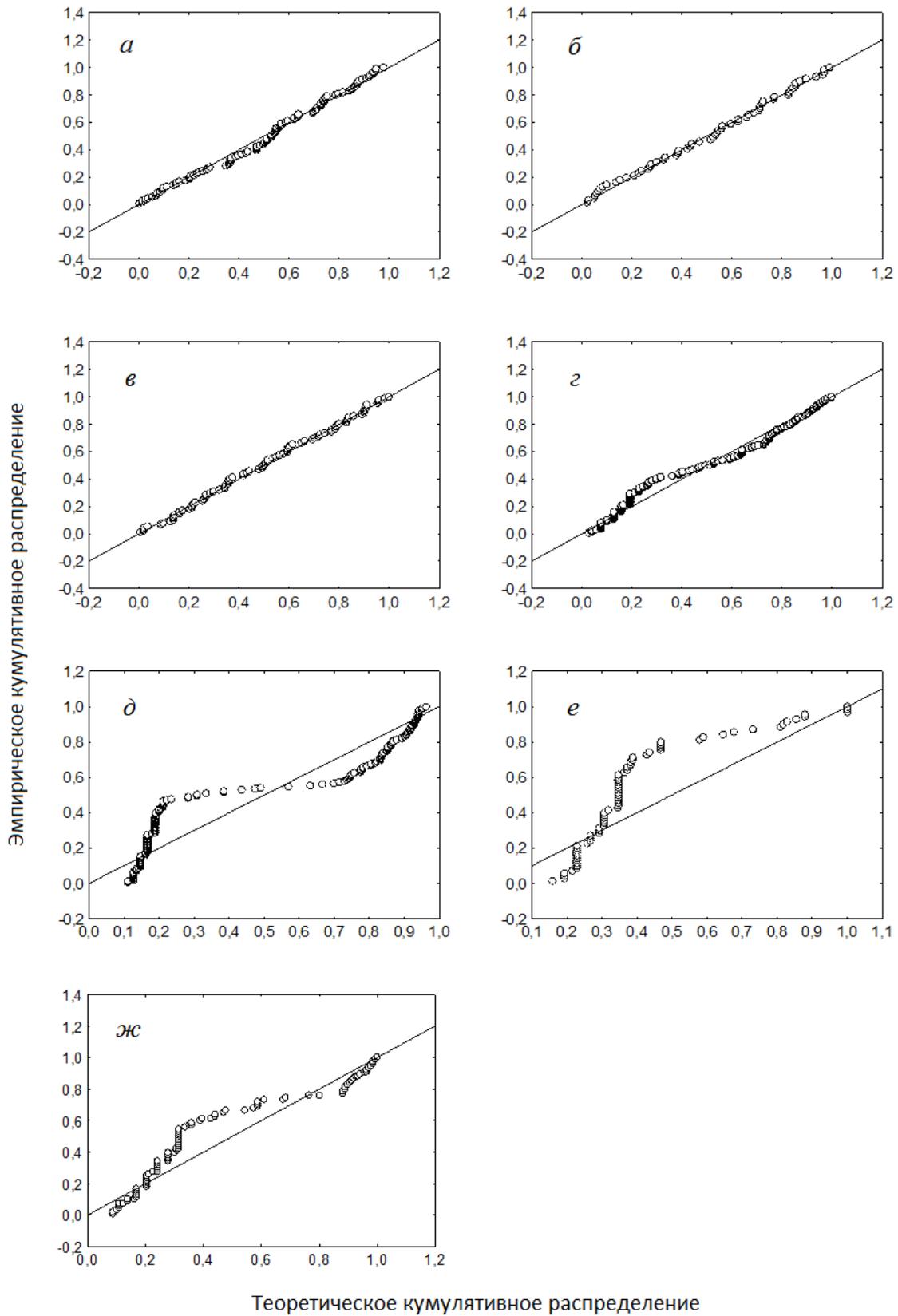


Рисунок 5.3. Пример аппроксимации данных уловов судов на графиках типа вероятность-вероятность при экстремальном распределении

Таблица 5.2. Результаты экспертных оценок подгонки данных к графикам типа вероятность-вероятность для разных вероятностных распределений

Условный номер судна	Статистические вероятностные распределения							
	нормальное	экстремальное	гамма	логнормальное	Вейбулла	экспоненциальное	бета	Рэлея
1	+	+	+	+	+	-	-	-
2	+	+	+	-	+	-	-	-
3	+	+	+	+	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+	-	-	-	-	-	-	-
9	+	+	-	-	+	-	-	-
10	+	+	+	+	+	-	-	-
11	+	+	+	+	+	-	-	+
12	-	+	-	-	-	-	-	-
13	+	+	+	+	+	-	-	-
14	+	-	-	-	-	-	-	-
15	+	-	-	-	-	-	-	-
16	+	-	-	-	-	-	-	-
17	+	+	-	+	-	-	-	-

Примечание: «+» – подгоняются хорошо, «-» — подгоняются плохо или не подгоняются

Таблица 5.3. Данные подгонки эмпирических распределений к вероятностным распределениям

Условный номер судна	Логнормальное			Гамма			Нормальное		
	$\chi^2$	$df$	$p$	$\chi^2$	$df$	$p$	$\chi^2$	$df$	$p$
1	5,9	4	0,20	2,6	4	0,62	3,2	5	0,66
2	0,4	2	0,83	0,6	2	0,75	3,2	3	0,36
3	4,8	4	0,30	7,15	4	0,13	14,0	5	0,01
4	17,5	6	0	10,5	5	0,04	35,3	6	0
5	141,7	8	0	143,6	9	0	212,0	9	0
6	-	-	-	-	-	-	35,6	1	0
7	14,3	2	0	16,5	2	0	58,0	3	0
8	51,6	6	0	31,6	5	0	1,3	2	0,51
9	47,2	8	0	-	-	-	9,9	8	0,27
10	6,0	7	0,53	4,2	6	0,64	10,3	7	0,17

Таблица 5.3. Продолжение

Условный номер судна	Логнормальное			Гамма			Нормальное		
	$\chi^2$	$df$	$p$		$\chi^2$	$df$	$p$		$\chi^2$
11	12,2	6	0,06	5,4	5	0,37	9,4	6	0,14
12	1,5	2	0,48	3,5	2	0,17	26,4	3	0
13	6,1	4	0,19	3,3	3	0,35	4,4	3	0,22
14	23,7	4	0	15,2	4	0	6,2	4	0,19
15	Расчеты $\chi^2$ не проводились по причине недостаточного объема выборки (Лакин, 1990)								
16	55,6	6	0	27,7	5	0	9,1	4	0,06
17	0,96	4	0,91	1,3	4	0,86	4,5	4	0,34

По формуле 3.5 для рассмотренных выше массивов данных, в том числе и рядов многолетних данных промысловой статистики, полученных научными сотрудниками, рассчитано соотношение  $K$  среднего значения каждого ряда данных к его медиане (таблица 5.4).

Таблица 5.4. Результаты оценки коэффициента  $K$  по многолетним данным

Условный номер судна	$\bar{X}$	$Me$	$K$	Наличие науч. сотрудника	Год промысла
1	5,1	4,7	1,08	Нет	2011
2	4,0	3,9	1,03	Да	2011
3	4,1	4,0	1,03	Нет	2011
4	2,1	1,4	1,50	Нет	2011
5	2,8	1,6	1,75	Нет	2011
6	2,0	1,2	1,67	Нет	2011
7	2,1	1,3	1,62	Нет	2011
8	6,1	6,1	1,00	Да	2005
9	6,4	6,5	0,99	Да	2006
10	7,3	6,9	1,06	Да	2007
11	4,4	4,2	1,05	Да	2008
12	4,1	3,7	1,08	Да	2008
13	3,6	3,6	1,00	Да	2009
14	4,8	4,9	0,99	Да	2009
15	5,1	5,0	1,02	Да	2010
16	4,1	4,2	0,98	Да	2010
17	3,4	3,3	1,04	Да	2012

Для некоторых массивов данных среднее значение ряда было приблизительно равно или совпадало с его медианным значением, и, значит,  $K \approx 1$  (рисунок 5.4). Для других параметры значительно отличались, причем среднее значение массива было всегда значительно выше медианного.

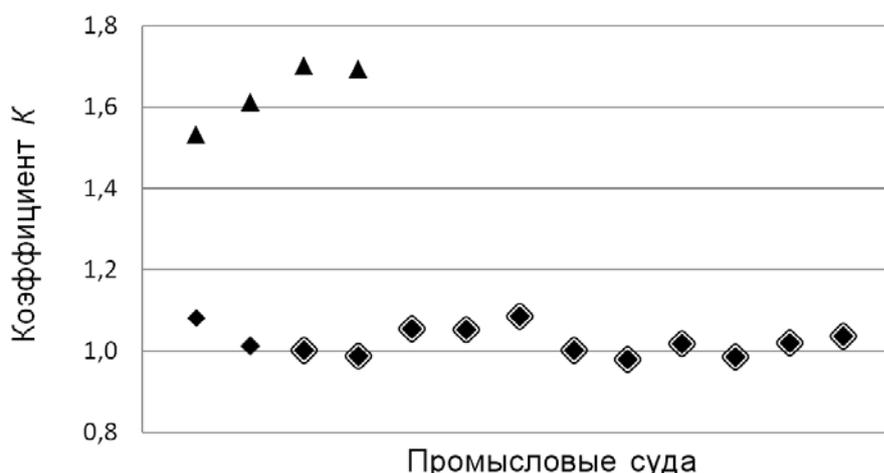


Рисунок 5.4. Диаграмма рассеяния значений  $K'$  (◆) и  $K''$  (▲), где ◆ – по данным научных сотрудников

В результате дисперсионного анализа было обнаружено, что независимый фактор наличия или отсутствия сотрудника на судне значимо влиял на факт описания данных некоторым вероятностным законом распределения, а также на величину коэффициента  $K$ . Этот эффект проявился очень сильно — значение  $p$  для зависимых от фактора переменных составило 0,00051 и 0,00037 соответственно, а 95%-ные доверительные интервалы для зависимых переменных не пересекались. Кроме того, факт существования вообще какого-либо распределения влиял на значение  $K$  практически с нулевой вероятностью ошибки ( $p = 6,4 \times 10^{-12}$ ).

На основании полученных результатов множество  $K_i$  ( $i = 1 \dots 17$ ) перегруппировано в два вариационных ряда для различных  $K_i$ , обозначенных как  $K_i'$  и  $K_i''$  так, что  $K_i = \{ K_i'; K_i'' \}$ ,  $K_i' \approx 1$ ,  $K_i'' \gg 1$ , при этом  $K_i' = [0,98; 1,08]$ ,  $K_i'' = [1,5; 1,75]$ .

Нетрудно показать, что  $K_i'$  и  $K_i''$  стремятся к нормальному закону распределения своих величин, поэтому были определены доверительные

интервалы для очень высокого уровня значимости  $p < 0,001$ . Результаты представлены на рисунке 5.5. Видно, что даже при высокой значимости доверительные интервалы не пересекаются и находятся далеко друг от друга.

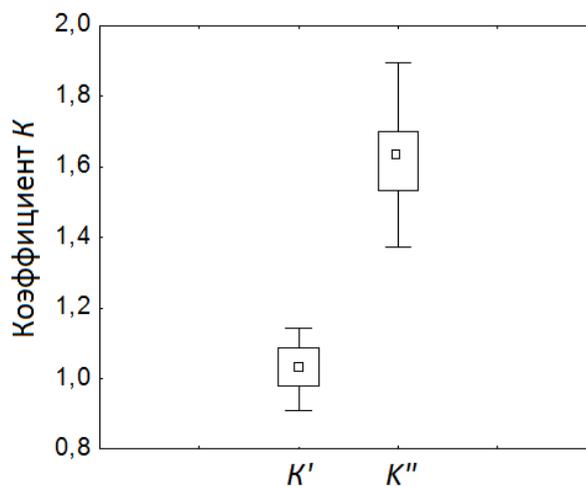


Рисунок 5.5. Диаграмма размаха значений  $K'$  и  $K''$ , где  $\square$  — среднее,  $\square$  — min–max интервал,  $\perp$  — доверительный интервал

Отметим, что для массивов данных об уловах, которые были собраны научными сотрудниками, вероятностный закон, который так или иначе описывал поведение переменной улова, был найден в 100% случаев. Все данные наблюдателей на судах хорошо подгонялись к вероятностным распределениям — нормальному, экстремальному, гамма, логнормальному и Вейбула — с разной степенью аппроксимации (таблица 5.2, 5.3). Кроме того,  $K$  для этих случаев лежал в диапазоне значений  $K_i'$ .

Итак, в результате проведенного анализа данные судов, также как и по данным Григорова (2011), разделены на две группы. Первая группа хорошо подчинялась некоторым типам вероятностных распределений с редкими статистическими выбросами, вторая группа не соответствовала ни одному из них.

Можно утверждать, что для трубачеловных судов, где собрали статистику наблюдатели, она не была искажена. В работе показано, что такие ряды по некоторым признакам выделялись на общем фоне массивов данных. В то же время они обладали определенными стабильными свойствами, которые были выявлены в результате проведенного исследования. Такими свойствами являются

наличие вероятностного распределения данных об уловах и значение коэффициента  $K$ , лежащего в узком диапазоне вариабельности. Оба свойства можно считать индикаторами промысла и корректно применять для выявления искаженных данных о нем.

В биологических применениях статистики 95%-ный доверительный интервал считается надежным (Урбах, 1964). Однако, учитывая важность рассмотренного вопроса, границы варьирования параметра  $K$ , характеризующего промысловую деятельность судна, были рассчитаны для более высокого (99,9%) доверительного интервала. По нашим данным, допустимые значения  $K$  для режима промышленного лова трубачей должны находиться в пределах  $K'$  от 0,9 до 1,1. В случае, если  $K$  массива данных промысловой статистики какого-либо судна не находится в этом диапазоне, информация о промысле искажена, и доверять ей нельзя. Необходимо отметить, что поведение параметра  $K'$  не зависит от состояния популяции, так как входные для расчета данные собирались как в период пика, так и спада численности, а также дерепрессии запаса. Полученные  $K'$  лежат в очень плотном поле точек, и рассчитанная статистически значимая вариабельность  $K'$  очень низкая. Поэтому использование его в качестве критерия при решении вопроса об адекватности данных или ее отсутствии вполне уместно.

В исследовании выяснено, что ловушечные уловы трубачей должны стремиться в своем вероятностном распределении к нескольким типам непрерывных распределений: нормальному, гамма и логнормальному. Также хорошую аппроксимацию эмпирических данных на вероятностной бумаге показали экстремальное распределение и распределение Вейбула. Однако однозначного распределения не выявлено. Кроме того, можно утверждать, что эмпирические распределения уловов не могут стремиться к распределениям экспоненциальному, бета и Рэля.

Несмотря на полученные результаты о наилучшей подгонке логнормального распределения, в рассмотренном случае его нельзя считать оптимальным, т.к. для некоторых массивов данных (1, 11, 13) оно подгонялось с наименьшей аппроксимацией, а в некоторых случаях (8, 9, 14, 16) значимый

результат получить вообще не удалось. При этом, для тех же рядов данных, но при подгонке к распределениям отличным логнормального, аппроксимация была обнаружена. То есть в отдельных случаях нормальное и гамма-распределение аппроксимировали данные об ловушечных уловах трубачей лучше.

Отметим, что гамма и логнормальное распределения имеют правостороннюю асимметрию. Можно предположить, что отклонение от симметрии (свойства, характерного для нормального распределения) образуется в связи с тем, что найдя плотные скопления, менее опытный капитан запаздывает с принятием решения о переносе порядков, связанного с миграцией трубачей или истощения локального скопления. В связи с этим уловы снижаются. А неспособность оперативно найти более плотное скопление «оттягивает» моду распределения, характеризующую его центр, влево. Тот факт, что распределение уловов, например судна № 1, стремиться к нормальному закону говорит об опытности капитана.

Можно с уверенностью утверждать, что капитаны судов, чьи данные об уловах не описываются ни одним из вероятностных распределений, а значение коэффициента  $K$  лежит вне допустимого диапазона вариабельности, искажали информацию о промысле. Такие данные представляют собой статистический шум, из которого не удалось выделить сигнал. Эти массивы данных не соответствуют реальной промысловой обстановке, а истинная информация о промысловых действиях или их результатах сокрыта. Это может происходить, если искажено количество промысловых усилий или сокрыт улов.

### **5.3. Оценка объемов вылова трубачей по многолетним данным**

С учетом вышесказанного выполнена оценка промыслового вылова трубачей в Северо-Охотморской подзоне в 2006–2013 гг. (таблица 5.5). Полученные величины отличались от данных официальной статистики. Для расчета вылова трубачей в Северо-Охотморской подзоне в разные годы использовали соответствующие году средневзвешенные значения суточного вылова тех судов, для которых были найдены вероятностные распределения

уловов, а их  $K$  находился в пределах допустимого диапазона. В таблице 5.5 средневзвешенные и соответствующие неискаженной промысловой статистике неискаженные значения суточного вылова выделены курсивом.

Таблица 5.5. Данные об официальном и рассчитанном промышленном вылове трубачей в Северо-Охотоморской подзоне в 2006–2013 гг.

Условный номер судна	Время промысла*, сут.	Среднесуточный вылов*, т	Общий вылов, т		Отклонение, т
			По официальным данным*	Расчетный	
2006					
1	182	<i>6,46</i>	1170	1170	0
2	120	1,82	217	644	427
3	114	<i>6,22</i>	703	703	0
4	106	1,18	123	569	445
5	57	<i>5,12</i>	287	287	0
6	55	<i>4,35</i>	235	295	60
7	70	0,81	20	376	355
8	4	<i>5,53</i>	17	17	0
9	120	<i>4,78</i>	569	569	0
10	144	<i>4,65</i>	665	665	0
11	20	<i>5,66</i>	107	107	0
12	50	0,42	8	268	260
ИТОГО	1042	<i>5,37</i>	4120	5669	1549
2007					
1	193	<i>7,11</i>	1371	1371	0
2	118	1,49	176	640	464
3	35	<i>7,16</i>	251	251	0
4	102	1,04	107	553	447
5	125	1,81	226	678	451
6	60	2,12	127	325	198
7	8	2,12	17	43	26
8	42	<i>6,81</i>	286	286	0
9	124	<i>4,50</i>	558	672	114
10	95	<i>3,94</i>	375	558	184
11	90	0,57	52	488	436
12	16	<i>5,30</i>	85	85	0
13	42	<i>3,88</i>	163	163	0
ИТОГО	1066	<i>5,42</i>	3794	6114	2320

Таблица 5.5. Продолжение

Условный номер судна	Время промысла*, сут.	Среднесуточный вылов*, т	Общий вылов, т		Отклонение, т
			По официальным данным*	Расчетный	
2008					
1	203	7,91	1607	1607	0
2	100	2,81	281	445	165
3	144	6,03	868	868	0
4	66	2,48	164	294	130
5	160	2,00	320	712	392
6	54	6,01	324	324	0
7	110	5,50	604	604	0
8	154	3,20	493	493	0
9	119	3,11	370	370	0
10	107	2,13	227	476	249
11	114	3,41	389	508	118
ИТОГО	1331	4,45	5648	6702	1054
2009					
1	192	8,49	1630	1630	0
2	140	1,87	262	909	647
3	108	8,13	878	878	0
4	152	1,66	253	987	734
5	136	2,02	275	883	608
6	173	2,37	411	1123	712
7	91	5,72	520	520	0
8	164	2,39	392	392	0
9	73	8,70	635	635	0
10	124	1,60	198	805	607
11	61	5,52	337	337	0
ИТОГО	1414	6,49	5790	9097	3307
2010					
1	191	8,92	1703	1703	0
2	143	1,40	200	1228	1028
3	42	8,62	362	362	0
4	150	2,17	326	1288	963
5	134	1,31	175	1151	976
6	153	3,09	473	1314	841
7	146	3,56	520	1254	734
8	50	8,34	417	417	0
9	153	2,82	431	1314	883
10	78	8,51	664	664	0
ИТОГО	1240	8,59	5271	10695	5424

Таблица 5.5. Продолжение

Условный номер судна	Время промысла*, сут.	Среднесуточный вылов*, т	Общий вылов, т		Отклонение, т
			По официальным данным*	Расчетный	
2011					
1	133	9,0	1198	1198	–
2	62	8,7	542	542	–
3	97	6,9	669	669	–
4	169	2,2	367	1386	1019
5	156	4,1	641	1279	638
6	73	2,6	193	599	406
7	127	2,7	341	1041	700
ИТОГО	817	8,20	3951	6714	2763
2012					
1	107	10,61	1134,8	1134,8	0
2	68	9,36	636,4	636,4	0
3	188	6,14	1155,2	1670,5	515
4	124	1,89	234,0	1101,8	868
5	82	6,69	548,9	548,9	0
ИТОГО	569	8,89	3709	5092	1383
2013					
1	89	10,82	963	963	0
2	26	5,13	133	133	0
3	89	5,60	498	641	143
4	115	8,52	980	980	0
5	47	5,18	244	338	95
6	66	8,65	571	571	0
ИТОГО	432	7,20	3388	3626	237

Примечание: \* — по данным ССД (суточных судовых донесений)

Отклонение составило в разные годы от 0,2 до 5,4 тыс. т, в среднем составляя 2,1 тыс. т (таблица 5.5). Максимальные величины отклонений наблюдались в 2010 г. (рисунок 5.6) При установленном ОДУ трубачей в Северо-Охотоморской подзоне на 2010 г. в объеме 5,49 тыс. т и его практически полном освоении по официальным данным, фактическое промысловое изъятие составило около 10,7 тыс. т.

Для оценки вылова *Vuccinum osagawai*, полученные величины были скорректированы с учетом доли этого вида в уловах по данным биологических анализов (табл. 5.6).

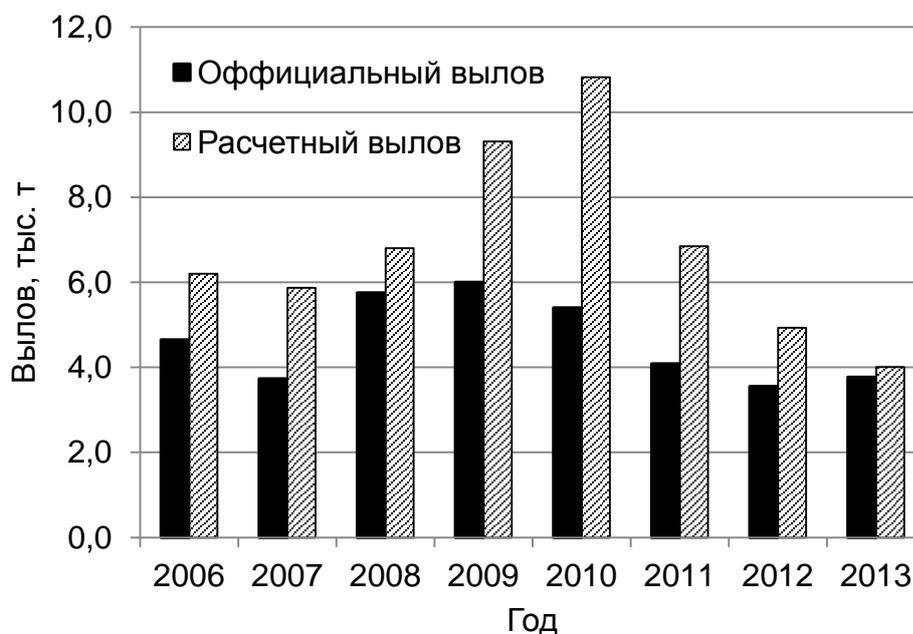


Рисунок 5.6. Вылов трубачей в Северо-Охотоморской подзоне в 2006–2013 гг. по данным официальной промышленной статистики и расчетным данным

Таблица 5.6. Данные о расчетном вылове *V.osagawai* в Северо-Охотоморской подзоне в 2006–2013 гг.

Год	Доля в уловах, %	Расчетный вылов, т	Доля самцов в уловах, %	Доля самок в уловах, %	Вылов самцов, т	Вылов самок, т
2006	64	3628	52	48	1887	1741
2007	71	3846	54	46	2077	1769
2008	73	4906	42	58	2060	2846
2009	74	6750	47	53	3172	3578
2010	77	8235	54	46	4447	3788
2011	80	5371	51	49	2739	2632
2012	76	3846	46	54	1769	2077
2013	69	2509	49	51	1229	1280

## ГЛАВА 6. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ И ПЕРСПЕКТИВ ПРОМЫСЛА ТРУБАЧЕЙ *BUCCINUM OSAGAWAI* МЕТОДАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

### 6.1. Производственная модель

Как показал проведенный анализ, нет оснований предполагать, что существует более сложная, чем линейная зависимость между имеющимися данными по уловам на усилие и усилиями, рассчитанными как отношение уловов к уловам на усилие. Аппроксимация линейной зависимостью привела к коэффициенту детерминации, равному  $R^2 = 0,47$ , а аппроксимация экспоненциальной зависимостью дала оценку  $R^2 = 0,44$ . Это послужило основанием для выбора в пользу версии динамической производственной модели шеферовского типа.

При применении производственных моделей, одной из используемых гипотез является гипотеза о том, что значения уловов на единицу усилия являются индексом биомассы запаса. Представляется, что использование значений уловов на усилие по результатам съемок, проводившихся из года в год по стандартной методике, и направленных на то, чтобы с достаточной адекватностью дать представление о величине запаса позволяет удовлетворить данному допущению. Таким образом, можно предположить, что улов на единицу промыслового усилия ( $U$ ) пропорционален величине промысловой части запаса и может рассматриваться в качестве индекса его биомассы:

$$U = q FSB, \text{ где } q = const - \text{коэффициент пропорциональности.}$$

Здесь использована общая схема оценки запаса и обоснования ОДУ, апробированная ранее в работах по оценке запасов охотоморского минтая (Бабаян, Булгакова, Васильев Д.А., 1998 и 1999; Бабаян, Васильев Д.А., Варкентин, Сергеева 2006; Бабаян и др., 2010).

В связи с достаточно высокой зашумленностью данных, для оценки параметров динамической производственной модели использована минимизация

медианы распределения квадратов остатков в аппроксимации моделью логарифмов данных по уловам на усилие, что позволяет существенно повысить независимость оценок от ошибок в данных и нарушения допущения о виде статистического распределения (Vasilyev D.A., 1988; 2005). Полученные оценки параметров модели по данным официальной промысловой статистики составили:

$$\begin{aligned} q &= 0,083; \\ k &= 0,517; \\ B_{\infty} &= 51,8 \text{ тыс. т}; \\ B_{MSY} &= 25,9 \text{ тыс.т.} \end{aligned}$$

На рисунке 6.1 представлены полученные по модели оценки биомассы промыслового запаса на начало года в сравнении с величинами уловов по официальным данным вылова.

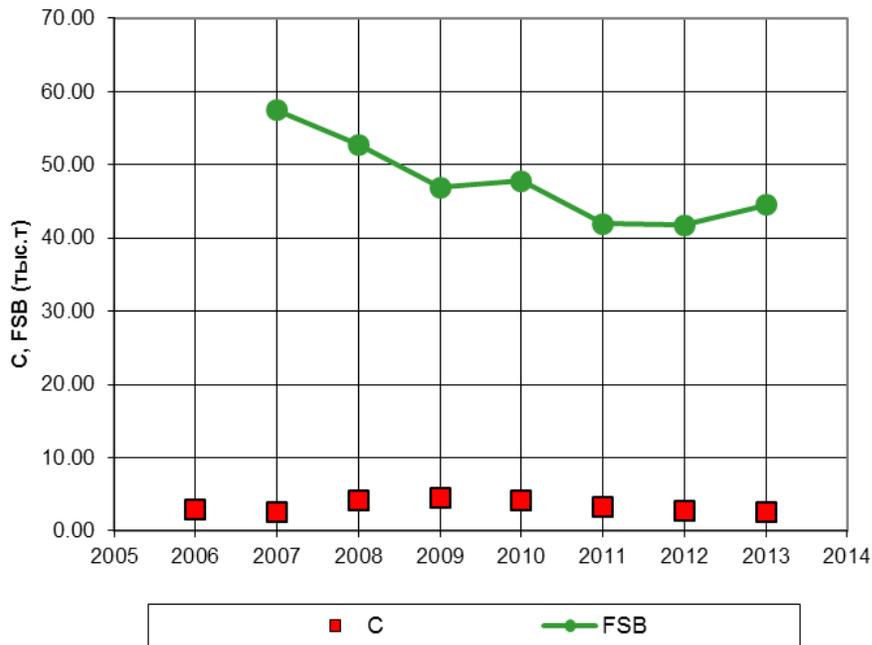


Рисунок 6.1. Оценки биомассы промыслового запаса (*FSB*) в сравнении с величинами уловов (*C*) по данным официальной промысловой статистики

Как можно видеть, оценки биомассы промыслового запаса снижались, начиная с начала периода наблюдений, в 2011–2012 гг. биомасса запаса стабилизировалась, а в 2013 г. наметилась некоторая тенденция к росту.

На рисунке 6.2 представлены ретроспективные оценки состояния запаса, приведенные в сравнении с равновесными значениями уловов, построенными как функция от биомассы запаса и коэффициента эксплуатации.

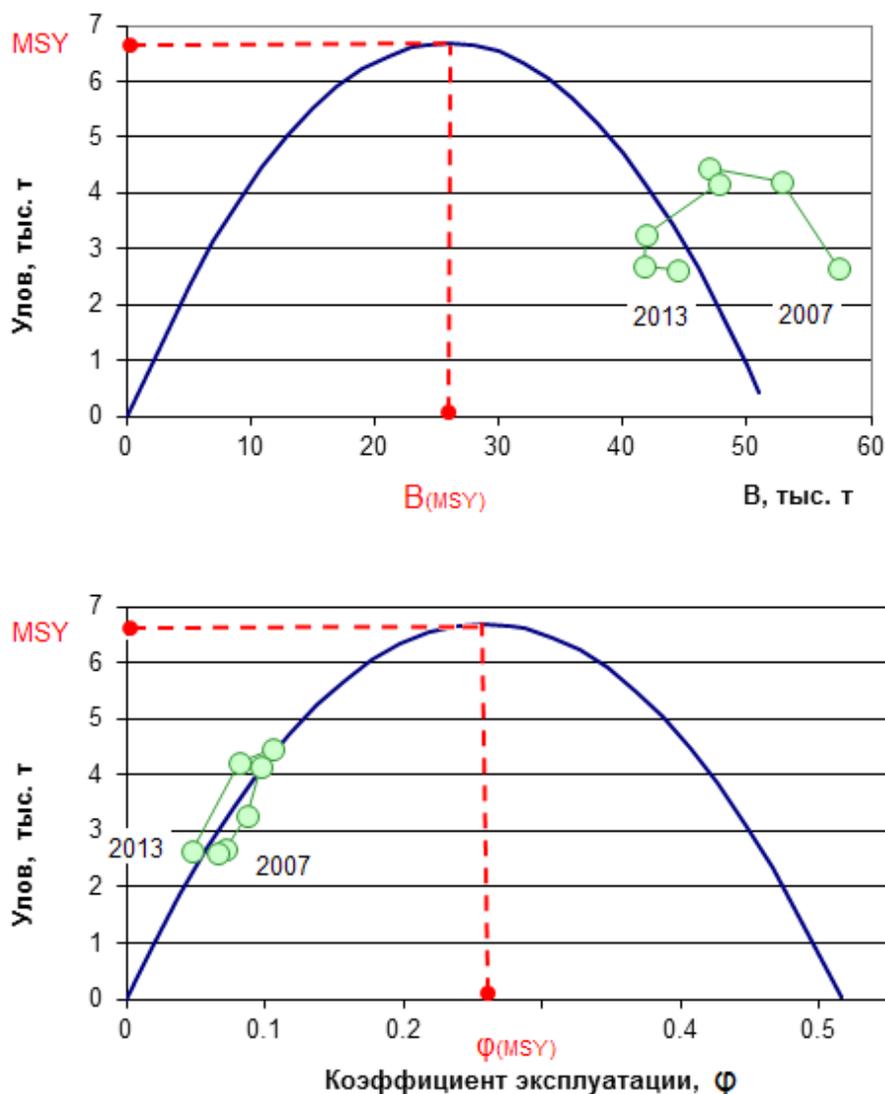


Рисунок 6.2. Кривые равновесных уловов по официальным данным вылова

Аналогичные расчеты были проведены с использованием данных фактического вылова, включающих в себя оценки ННН-промысла. Оценки параметров производственной модели в этом случае составили:

$$q = 0,055;$$

$$k = 0,612;$$

$$B_{\infty} = 78,0 \text{ тыс. т.};$$

$$B_{MSY} = 39,0 \text{ тыс.т.}$$

На рисунке 6.3 представлены полученные по модели оценки биомассы промыслового запаса на начало года в сравнении с величинами уловов по данным фактического вылова.

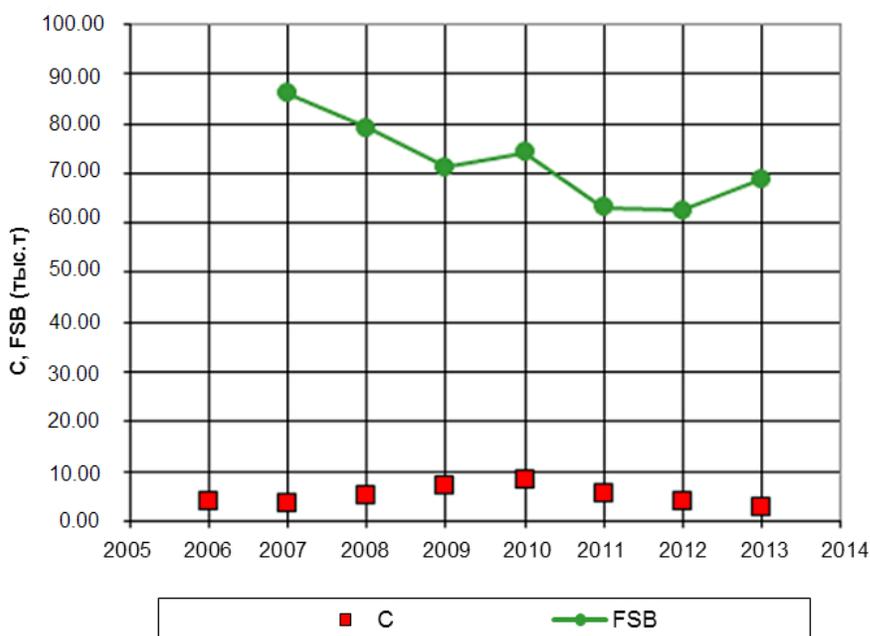


Рисунок 6.3. Оценки биомассы промыслового запаса ( $FSB$ ) в сравнении с величинами уловов ( $C$ ) по данным фактического вылова

Если сравнить полученные результаты (рисунок 6.1, 6.3), можно видеть, что общая тенденция в динамике запаса не изменилась, однако оценка промыслового запаса на начало 2013 г. во втором случае увеличилась и составила около 70 тыс. т.

Также, как и в первом случае, для второго типа данных представлены ретроспективные оценки состояния запаса, приведенные в сравнении с равновесными значениями уловов, построенными как функция от биомассы запаса и коэффициента эксплуатации (рисунок 6.4).

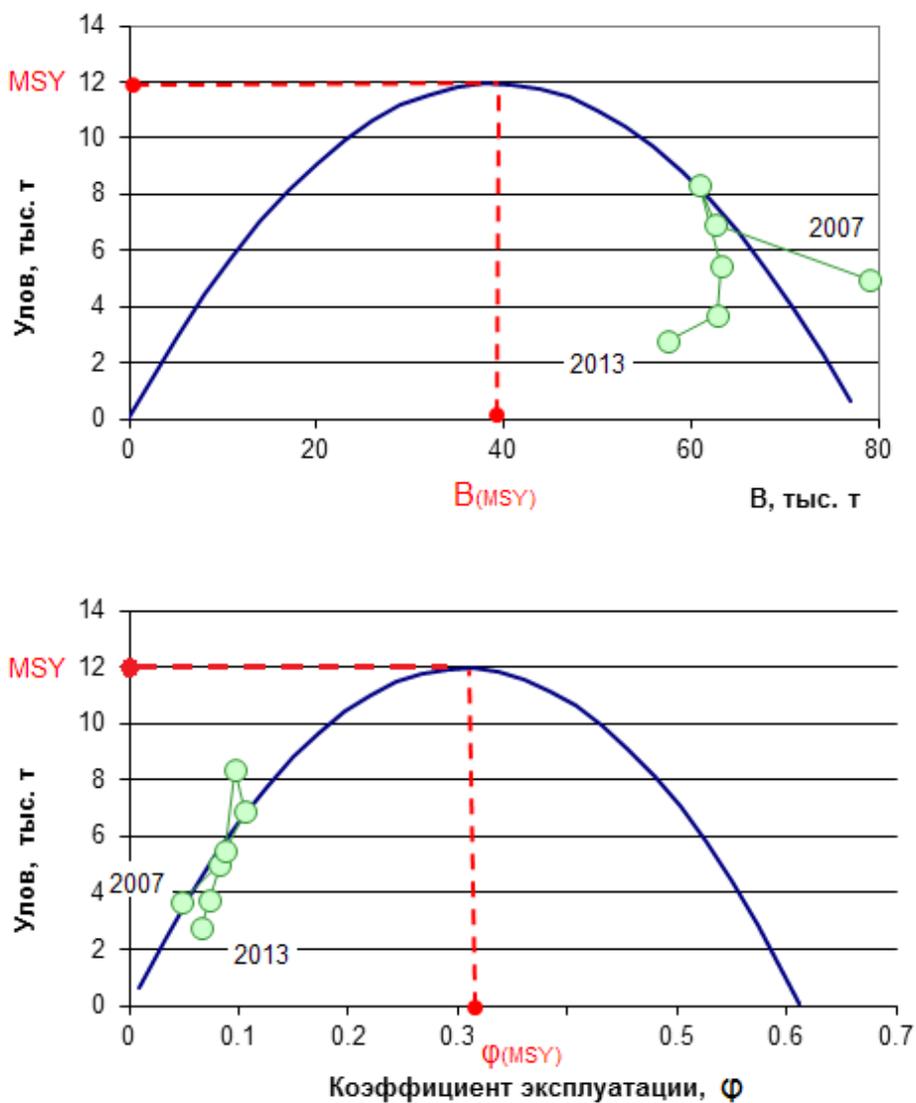


Рисунок 6.4. Кривые равновесных уловов по данным фактического вылова

Анализ кривых равновесных уловов приводит к достаточно неожиданным результатам. Прежде всего, как показывают расчеты, не смотря на снижение

биомассы промыслового запаса, она все еще находится на уровне, превышающем величину биомассы, соответствующей максимальному устойчивому улову. То есть, запас отнюдь не подорван, а лишь приближается, притом «сверху», к биомассе, обеспечивающей его максимальную продуктивность.

Для оценки величины возможного вылова использована методология предосторожного подхода (Бабаян, 2006). При реализации предосторожного подхода, использование продукционной модели в качестве базовой требует определения ориентиров управления на основе результатов ретроспективного анализа и оценки параметров модели.

В качестве целевого ориентира по биомассе примем величину промысловой биомассы  $B_{tr} = B(\varphi_{0.1})$ , соответствующую точке на кривой равновесных уловов в зависимости от доли изъятия из промыслового запаса, в которой тангенс наклона равен 10% от тангенса наклона при нулевом изъятии. Такой выбор целевого ориентира согласуется со стратегией  $F_{0.1}$ . В используемой схеме регулирования предлагается отказаться от граничного ориентира  $B_{lim}$ , как не имеющего четкого биологического смысла.

Целевой ориентир промысловой смертности (в рассматриваемом случае доли промыслового изъятия) выбран равным значению  $\varphi_{0.1}$ . Таким образом, значения биологических ориентиров управления составили:  $B_{tr} = B_{0.1} = 27$  тыс. т;  $\varphi_{tr} = \varphi_{0.1} = 0,22 \left(\frac{1}{\text{год}}\right)$ . Для данных, включающих в себя оценки ННН-промысла, ориентиры управления составили:  $B_{tr} = B_{0.1} = 36$  тыс. т;  $\varphi_{tr} = \varphi_{0.1} = 0,32 \left(\frac{1}{\text{год}}\right)$ .

Расчеты, проведенные по прогностическому варианту динамической продукционной модели с использованием параметров, оцененных на ретроспективных данных официальной промысловой статистики, показывают, что ведение промысла в соответствии с оцененным выше целевым ориентиром промысловой смертности соответствовало бы величине допустимого изъятия

трубачей *B.osagawai* 6 тыс. т при биомассе запаса 37 тыс. т на начало 2015 года. По расчетным данным фактического вылова, биомасса запаса на начало 2015 г. составляла 58 тыс. т, а допустимое изъятия трубачей *B.osagawai*, с учетом соответствующего целевого ориентира промысловой смертности — 7,8 тыс. т.

Хотелось бы отметить, что к полученным результатам следует относиться с известной осторожностью, поскольку использованные ряды входной информации довольно коротки, а производственная модель является не более чем весьма формальным описанием взаимодействия реального многовозрастного запаса с промыслом.

## 6.2. Модель с возрастной структурой

Диагностика проведенных многовариантных расчетов показала, что наиболее стабильные и непротиворечивые результаты дало использование варианта модели TISVPA, в котором допускается наличие ошибок как в данных по возрастному составу уловов, так и в сепарабельном описании промысловой смертности. Дополнительно обеспечивается несмещенность описания моделью логарифмов возрастного состава уловов. Под несмещенностью в данном случае следует понимать равенство нулю сумм остатков модели по возрастным группам для различных лет промысла, а также по годам промысла для различных возрастных групп.

В качестве меры близости модельного описания имеющихся данных, путем минимизации которой оцениваются параметры модели, для данных по возрастному составу уловов и индекса численности младших возрастных групп с возрастной структурой (Индекс 2) выбрана медиана распределения квадратов остатков в логарифмах этих данных (MDN). MDN считается одной из наиболее робастных мер разброса, не зависящей от гипотезы о виде статистического распределения ошибок в данных. В качестве меры близости описания моделью данных по индексу биомассы промыслового запаса (Индекс 1) использовалась сумма логарифмических остатков,

что соответствует гипотезе о логнормальном характере распределения ошибок в этом типе данных.

В рамках сепарабельного представления коэффициентов промысловой смертности оценивались и использовались две различные возрастные зависимости относительной селективности промысла от возраста  $s(a)$  для разных интервалов лет: 2006–2009 гг. и 2010–2013 гг. Такое разбиение на интервалы обусловлено стремлением адаптировать модель к изменениям в относительной селективности промысла, выявленным в ходе предварительных поисковых расчетов.

В выполненных расчетах  $g$ -факторы оценивались и применялись для возрастных групп 6–10.

Анализ компонент целевой функции модели показал наличие уверенного сигнала о биомассе запаса *B.osagawai* в терминальный год как от данных по возрастному составу уловов, так и от индексов биомассы промыслового запаса (Индекс 1) и индекса численности младших возрастных групп с возрастной структурой (Индекс 2). Профили компонент целевой функции модели, соответствующие данным по возрастному составу уловов, а также Индексам 1 и 2, построенные относительно величины биомассы промыслового запаса (в возрасте 7 лет и старше) в 2013 году, представлены на рисунке 6.5.

Как можно видеть из положений минимумов на рисунке, данные индекса с возрастной структурой младших возрастных групп (Индекс 2) говорят, в рамках модели, о несколько более высоком значении биомассы запаса в терминальный год, чем данные по уловам на усилие и данные по возрастному составу уловов, однако в целом оценки близки и лежат в диапазоне 25–35 тыс. т.

На рисунке 6.6 представлены результаты ретроспективной диагностики, в рамках которой при неизменных основных параметрах модели расчеты проводились при последовательном укорачивании рядов данных на один год. Как можно видеть из рисунка, исторический разброс можно считать умеренным, а историческое

смещение результатов не является выраженным. В то же время не следует забывать, что расчеты проводились в условиях информационного обеспечения, близкого к минимально допустимому, поэтому ретроспективные прогоны с более сильным сокращением рядов не имели смысла.

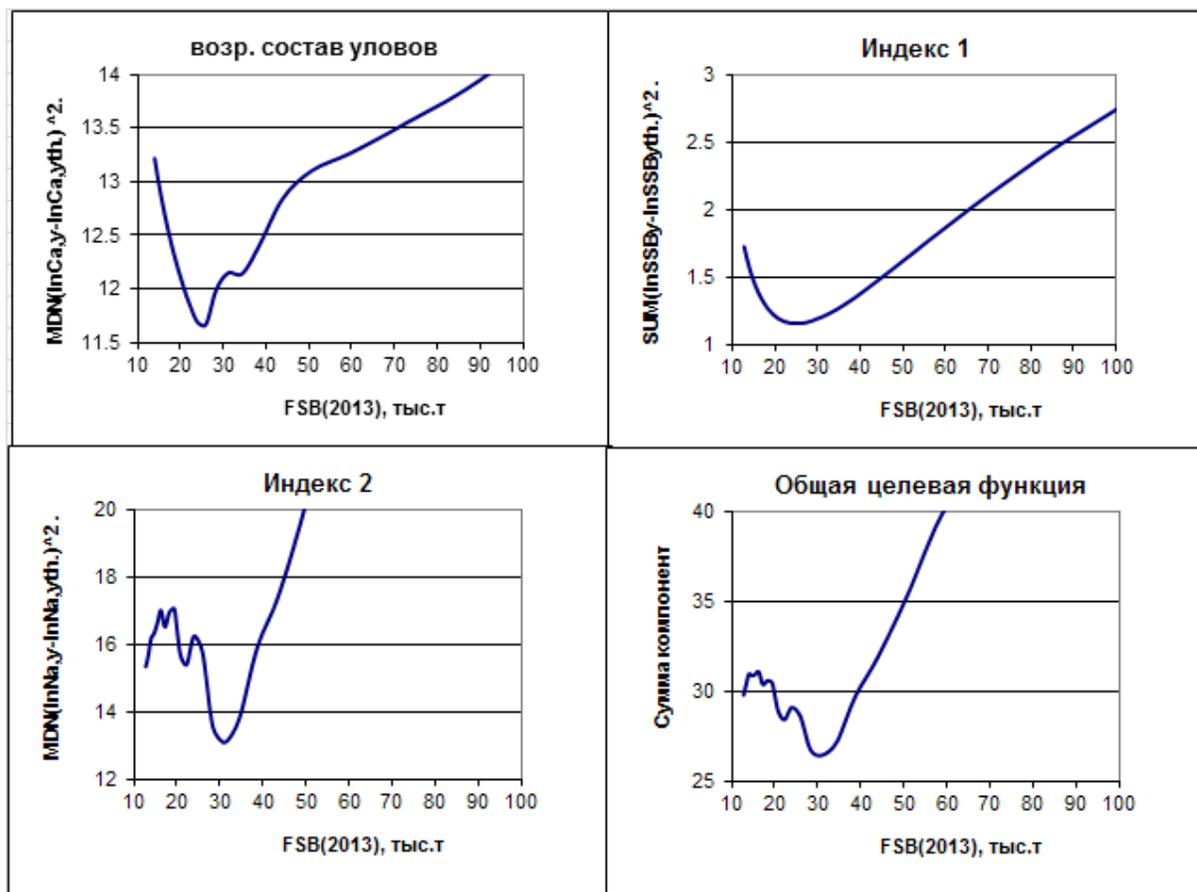


Рисунок 6.5. Профили компонентов целевой функции модели TISVPA

На рисунке 6.7 представлены остатки описания моделью имеющихся данных по возрастному составу уловов. На рисунке величина логарифмического остатка в каждой точке матрицы возрастного состава уловов пропорциональна диаметру кружка. Цвет отражает знак остатка: темные кружки соответствуют положительным величинам, а светлые – отрицательным. Как можно видеть из рисунка, для 2008–2009 гг. характерны заметно более высокие значения остатков, что может говорить о каких-то пока неустановленных особенностях в данных в эти годы.

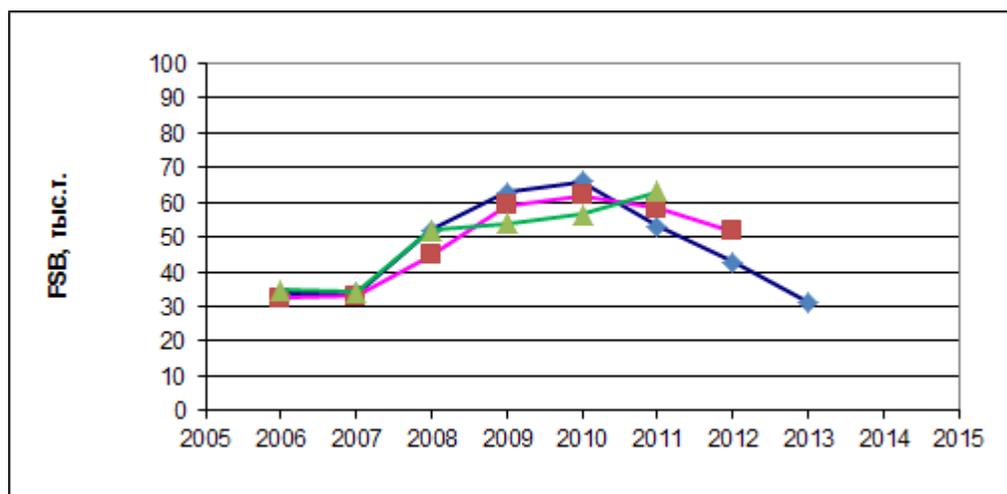


Рисунок 6.6. Результаты ретроспективной диагностики оценки запаса

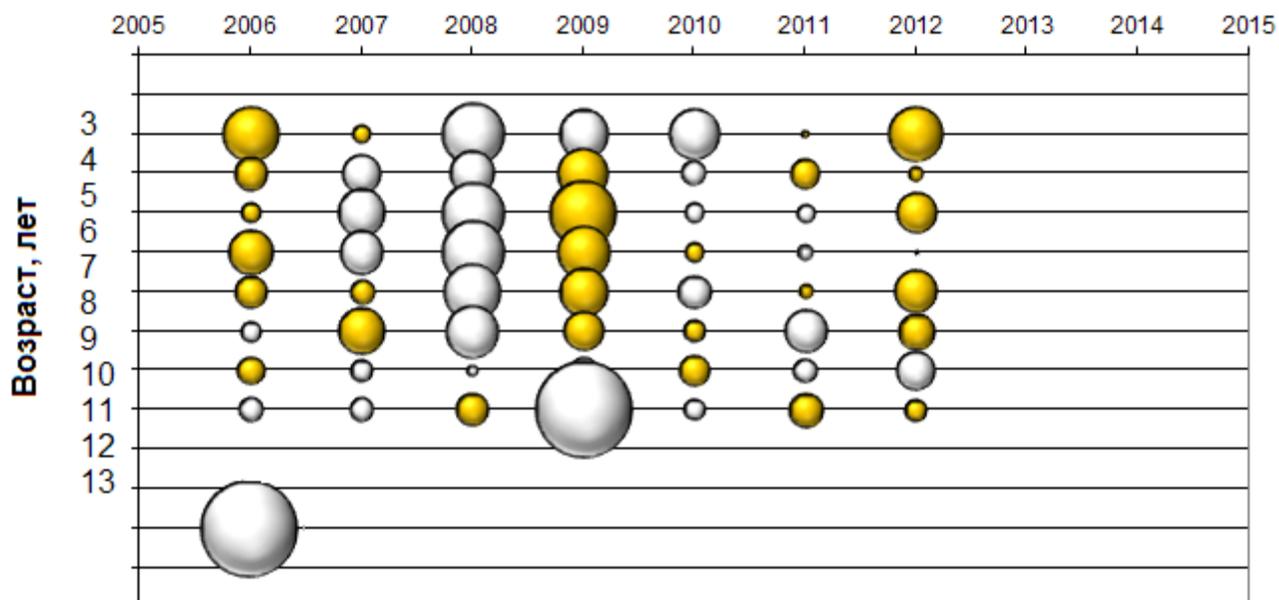


Рисунок 6.7. Остатки в модельном описании данных по возрастному составу уловов

Как показывает анализ матрицы  $g$ -факторов, отклонения от единицы представлены на рисунке 6.8, отдельные поколения имеют явные особенности во взаимодействии с промыслом, в связи с чем использованное нами в расчетах более

сложного трех-параметрического сепарабельного представления коэффициентов промышленной смертности может считаться оправданным.

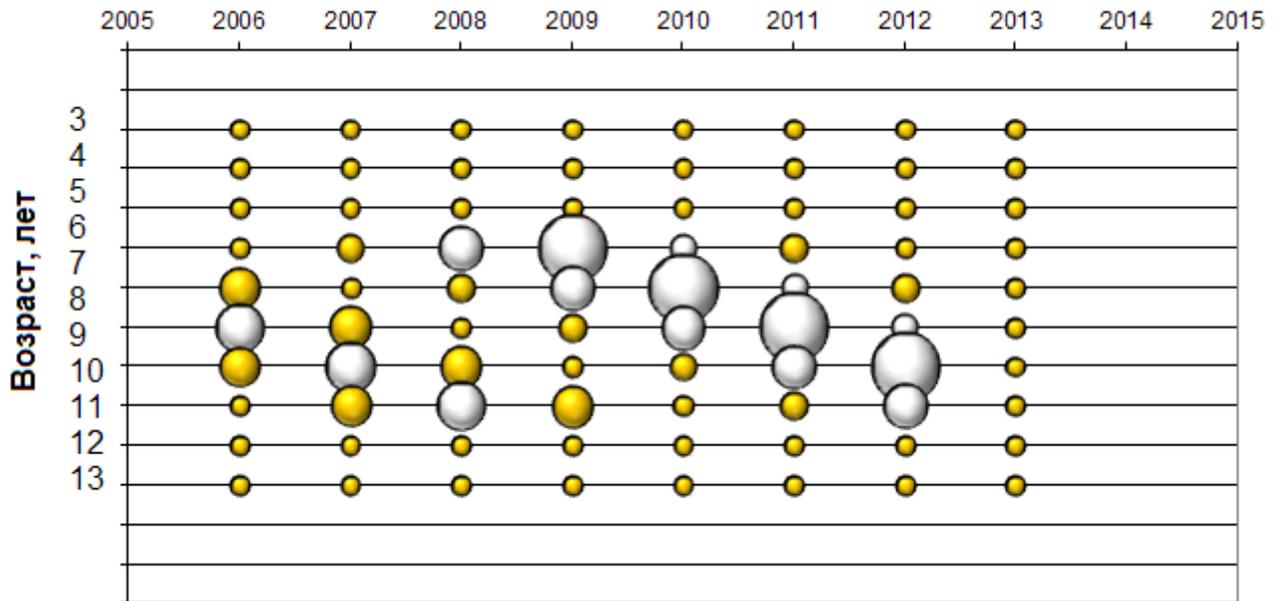


Рисунок 6.8. Отклонения  $g$ -факторов от единицы в модельном описании данных по возрастному составу уловов

На рисунке 6.9 представлены логарифмические остатки в описании моделью данных по уловам на единицу промышленного усилия. Поскольку среднее значение остатков близко к нулю (0,002), то описание данных моделью близко к несмещенному. Однако следует отметить заметную кластерность остатков: в 2006–2007 гг. значения уловов на усилие систематически говорят о более высокой биомассе запаса, по сравнению с оцененной на основании возрастного состава уловов, а в 2008–2010 гг. — наоборот. Наибольшее рассогласование имеет место в 2007 г.

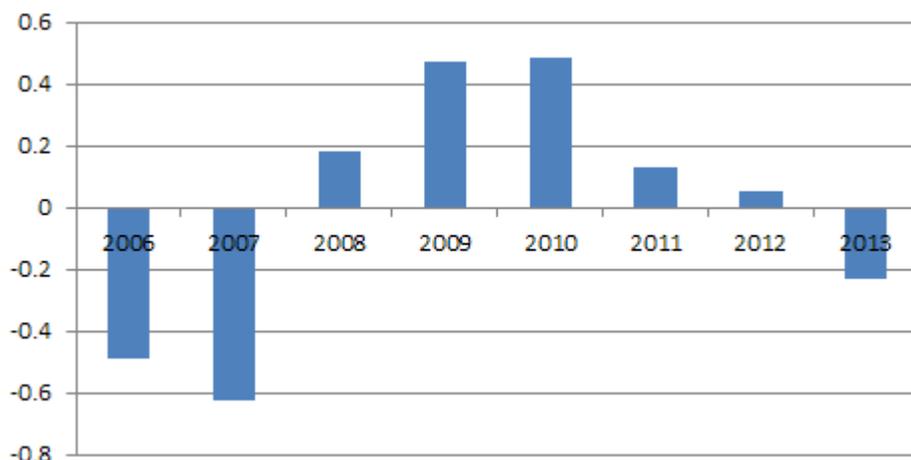


Рисунок 6.9. Логарифмические остатки в описании моделью данных по уловам на единицу промыслового усилия

Оценка неопределенности в результатах проводилась с помощью процедуры параметрического условного бутстрепа применительно к данным по возрастному составу уловов и параметрического безусловного бутстрепа применительно к данным по уловам на единицу промыслового усилия и индексу численности запаса для младших возрастных групп. На рисунке 6.10 представлены полученные в результате применения бутстреп-процедуры оценки биомассы запаса в возрасте 7 лет и старше и их доверительные интервалы, изображенные в виде процентилей: 90-процентный доверительный интервал ограничен кривыми, обозначенными на рисунке как 5% и 95%, а 50-процентный доверительный интервал ограничен кривыми, обозначенными как 25% и 75%. Бутстреп-медианная оценка биомассы запаса соответствует на рисунке кривой, имеющей обозначение 50%. Как можно видеть из рисунка, 90-процентные доверительные интервалы для полученных оценок достаточно широки, что говорит о достаточно невысокой надежности результатов. Это вполне естественно для короткого ряда наблюдений. Тем не менее, бутстреп-медианная оценка биомассы запаса оказывается очень близка к оценке, полученной при основном прогоне модели, что видно при сравнении рисунков 6.10 и 6.6 соответственно.

Бутстреп-оценки численности запаса в терминальный 2013 год по возрастным группам и их доверительные интервалы представлены на рисунке 6.11. Обозначения кривых на этом рисунке соответствуют таковым на рисунке 6.10. Как можно видеть, для младших возрастных групп, отличающихся более высокой численностью, неопределенность оценок велика, что, впрочем, также связано с гипотезой о логнормальном распределении ошибок в данных по возрастному составу уловов, использованной в рамках процедуры бутстрепа.

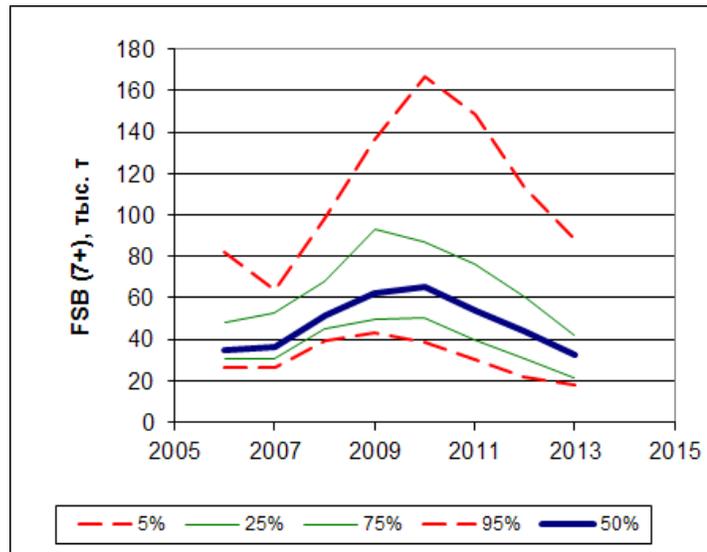


Рисунок 6.10. Бутстреп-оценки биомассы промышленного запаса трюбаха в возрасте 7 лет и старше и их доверительные интервалы

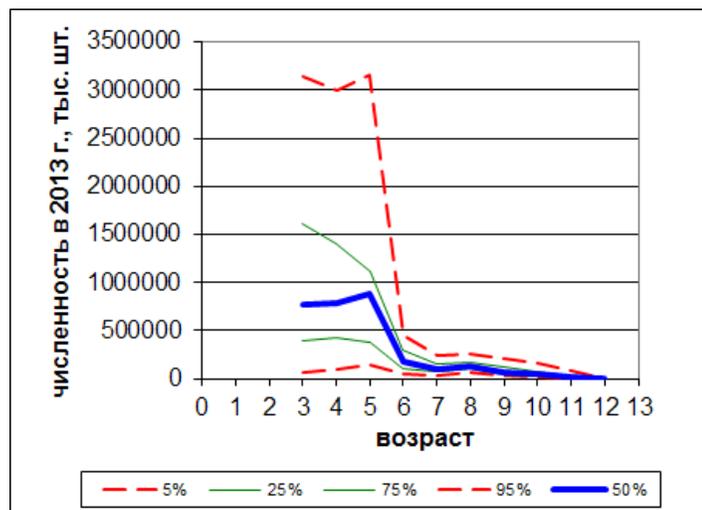


Рисунок 6.11. Бутстреп-оценки численности запаса в терминальный 2013 год по возрастным группам и их доверительные интервалы

В целом, как можно видеть из рисунка 6.10, полученные оценки говорят о некоторой стабильности в состоянии запаса. При этом его биомасса, хоть и снизилась по сравнению с 2009–2010 гг., однако все еще продолжает находиться на уровне (2006–2007 гг.), имеющем потенциал увеличения.

На рисунке 6.12 приведены полученные по модели с возрастной структурой оценки биомассы запаса в возрасте 3 лет и старше, 4 лет и старше и т.д. в сравнении с оценками промыслового запаса (*FSB*) по производственной модели.

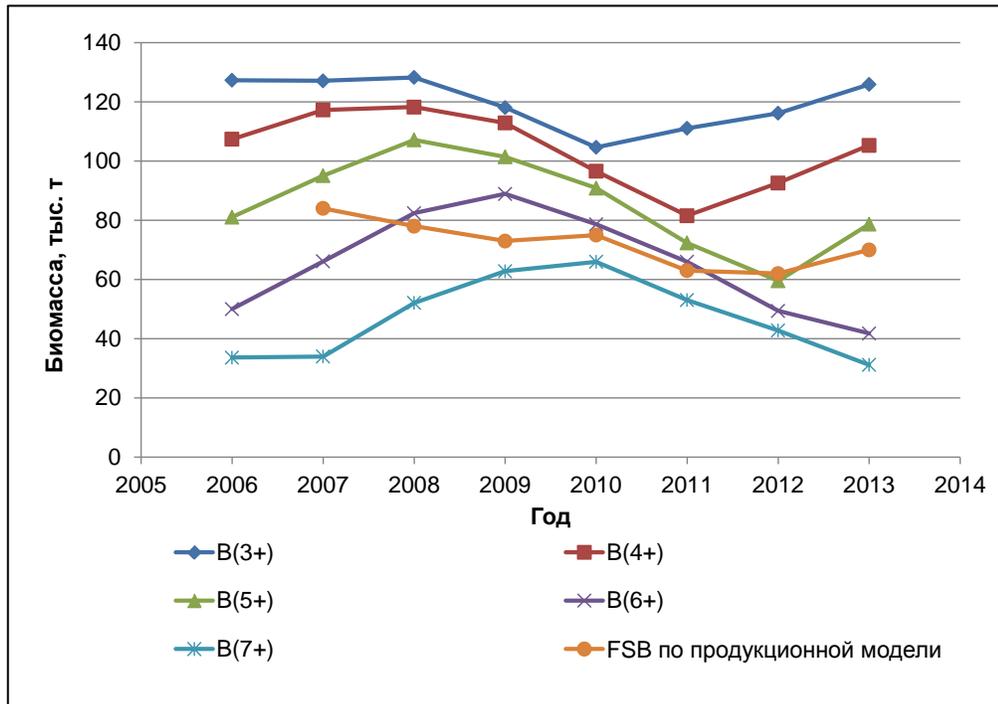


Рисунок 6.12. Оценки биомассы запаса в возрасте 3 лет и старше, 4 лет и старше и т.д. в сравнении с оценками промыслового запаса (*FSB*) по производственной модели

В расчетах за *FSB* принималась биомасса запаса в возрасте 7 лет и старше. Как можно видеть из рисунка, оценки *FSB* по модели с возрастной структурой и по производственной модели близки по порядку величин, однако несколько различаются по динамике тенденций. Сравнение графиков на рисунке наводит на мысль, что в разные годы промыслом захватывались также и особи младше 7 лет, причем в разных пропорциях. Если сравнивать тенденции в динамике запасов, то наибольшее

соответствие наблюдается между *FSB* по продукционной модели и биомассой запаса в возрасте 4 года и старше ( $R=0,83$ ;  $p < 0,05$ ).

Оценки численности запаса и мгновенного коэффициента промысловой смертности, полученные по модели TISVPA, приведены в таблицах 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1. Оценка численности запаса по годам и возрастам, экз.

Год	Возраст, лет									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006	1319640	1144598	964922	385316	222883	107933	99867	46401	24807	4005
2007	657004	969746	903791	761834	290464	148752	44186	38920	16428	4448
2008	661827	482822	765791	713658	574488	191491	78415	10221	15241	4054
2009	339238	486359	381226	604586	537827	373760	85241	24243	1101	0
2010	541860	249306	384056	300964	455565	343428	200563	36148	10147	2315
2011	1955660	398208	196875	303274	226792	279122	178148	83086	10037	6038
2012	1562557	1437200	314466	155472	228664	149577	150946	72467	26315	933
2013	1355082	1148310	1135010	248338	117235	154512	86227	64108	22129	1610

Таблица 6.2. Оценки мгновенных коэффициентов промысловой смертности по годам и возрастам

Год	Возраст, лет									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006	0,00005	0,00018	0,00030	0,00041	0,0336	0,4288	0,2678	0,2261	0,22606	0,22606
2007	0,00004	0,00015	0,00026	0,00031	0,0470	0,1048	0,8783	0,1167	0,19051	0,19051
2008	0,00009	0,00032	0,00056	0,00132	0,0929	0,4286	0,5459	1,1748	0,47012	0,47012
2009	0,00003	0,00010	0,00018	0,00062	0,0558	0,1036	0,2427	0,0755	0,1262	
2010	0,00004	0,00012	0,00016	0,00090	0,1445	0,1557	0,2072	0,4800	0,48387	0,48387
2011	0,00003	0,00008	0,00011	0,00040	0,0495	0,1579	0,2827	0,2635	0,30243	0,30243
2012	0,00002	0,00005	0,00007	0,00029	0,0199	0,0497	0,2619	0,3309	0,17917	0,17917
2013	0,00003	0,00009	0,00012	0,00049	0,0394	0,0636	0,1680	0,3305	0,33053	0,33053

## ГЛАВА 7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ПРОМЫСЛА ТРУБАЧЕЙ В СЕВЕРО-ОХОТОМОРСКОЙ ПОДЗОНЕ ОХОТСКОГО МОРЯ

ННН-промысел (Международный..., 2008) негативно влияет на популяции водных биологических ресурсов. Отдельными пользователями ВБР не соблюдаются рекомендованные промысловые нагрузки, что становится возможным вследствие недостаточного контроля промышленного лова гидробионтов. Это приводит к истощению запасов (иногда очень быстрому) и невозможности сохранить ценные виды ВБР для долговременной эксплуатации.

В результате воздействия ННН-промысла многие запасы ВБР потеряли свою прежнюю промысловую значимость и до сих пор не могут восстановиться до размеров первоначальной численности. Примером может служить резкое уменьшение запасов камчатского краба на участках шельфа у Западной Камчатки в первом десятилетии XXI века. К 2005 г. были практически полностью исчерпаны запасы крабов на Сахалинском шельфе.

Другие единицы запаса ВБР пока сохраняют свою значимость, но сильно истощены. Так, например, по данным МагаданНИРО, несмотря на научно обоснованные рекомендации о применении щадящего режима при эксплуатации трубочей в Северо-Охотоморской подзоне с долей изъятия от 7,5 до 10% от их промыслового запаса, за несколько лет биомасса промысловой части популяции букцинид снизилась более чем в два раза. Это уже второй случай подрыва ресурсной базы трубочей в традиционном районе их промысла. Несмотря на то, что первый факт подрыва запасов, произошедший в 80-е годы XX века, связан со слабо регламентированным промыслом, причины этих двух случаев имеют общие корни: превышение рекомендованных допустимых промысловых нагрузок на популяцию.

Опасность депрессивного состояния истощенных запасов состоит не только в уменьшении численности и биомассы объекта промысла. Депрессия может привести к замещению вида в своем распространении другим, экологически активным, но гораздо менее ценным в отношении промысла видом, как,

например, это происходило в водах Западного Сахалина, где на глубинах 200–300 м краб-стригун опилио постепенно замещался стригуном японикусом (Первеева, 2001).

Один из способов снижения уровня превышения промысловых нагрузок, в том числе и масштаба незаконного вылова ВБР, является ограничение времени нахождения судов в районе промысла. В основе этого ограничения лежит принцип расчета максимально допустимого количества судосуток, необходимого для полного освоения квоты отдельным судном. Данные о периоде лова вместе с данными об объеме вылова ВБР вносятся в разрешение на право добычи (вылова) гидробионтов.

Для решения общей задачи определения судосуток рассчитывается минимально допустимый суточный улов на одно судно, осуществляющее промышленное или прибрежное рыболовство. После этого сведения о минимальных суточных нагрузках на судно утверждаются ведомственными приказами. Для промысла трубачей в настоящее время минимальные объемы их добычи (вылова) регламентированы приказом Росрыболовства от 23.10.2012 г. № 564, далее Приказ).

В 2011 г. специалистами ВНИРО была предложена методика расчета минимального суточного объема вылова по многолетним данным (утверждена Ученым Советом ВНИРО, протокол от 22.08.2011 № 38, далее Методика). Основные положения Методики сводятся к следующему алгоритму действий. В качестве входных массивов используются данные промысловой статистики за последние 15 лет, собранные как научными наблюдателями, так и зарегистрированные в системе «Рыболовство» для судов всех типов. Анализируемый массив данных сортируется по типам судов и орудиям лова. При значительных отличиях между данными научных наблюдателей и всех остальных рассчитывается коэффициент стандартизации. Дальнейшему анализу подвергается только год с минимальными показателями суточных уловов по многолетним данным. Единицей наблюдения принимается улов любого судна за одни сутки. Данные объединяются в единый статистический массив. Строится

функция распределения уловов от их доли в общем массиве. Расчет нижней границы 95% доверительного интервала средней арифметической массива дает величину оценки показателя минимальной суточной нагрузки на судно. Если были замечены различия между данными научных наблюдателей и официальной статистики для всех судов, полученный результат корректируется с помощью рассчитанного ранее коэффициента стандартизации уловов.

Алгоритм, лежащий в основе Методики, требует использования в расчетах данных официальной промысловой статистики всех судов, в т.ч. и ведущих, возможно, ННН-промысел. Такое требование справедливо, поскольку непонятно, как отличить данные, поступающие с борта «законопослушного» судна от аналогичной информации с «незаконпослушного».

Совершенно очевидно, что при наличии ННН-промысла официальная статистика теряет смысл, поскольку возрастает вероятность ее искажения (Буяновский, 2012). Информация, сообщаемая капитанами судов, ведущих ННН-промысел, не соответствует реальной промысловой обстановке, а данные об их фактических уловах, как правило, сильно занижены. Алгоритм, лежащий в основе Методики, позволяет получить статистически значимые результаты только при отсутствии ННН-промысла, а в случае его незначительного присутствия позволяет лишь несколько снизить негативное влияние недостоверных данных на точность результата. Однако при большом количестве судов, искажающих промысловую статистику и весомом вкладе таких данных в общий статистический массив, результат расчета сильно искажается. Другими словами, расчет минимальной суточной нагрузки для борьбы с браконьерством выполняется на основе заниженных данных об уловах самих браконьеров и также теряет какой-либо смысл.

В качестве факторов, оптимизирующих действие приказов о минимальных суточных нагрузках, предлагаются некоторые условия, которых рекомендуется придерживаться при расчете минимальных суточных нагрузок на судно.

Во-первых, перед тем как приступать к расчетам, важно исключить недостоверную информацию о промысле. Это можно сделать, если, например,

построить математическую модель работы добывающего судна, осуществляющего легальный промысел. Информация о промысле судов, чьи данные не соответствуют такой модели, будет считаться недостоверной. В настоящей работе было определено несколько высоко значимых признаков, характеризующих работу добывающего ловушечного судна, и предпринята попытка построить модель его адекватной работы. Исключив из расчетов недостоверную информацию о промысле, становится возможным определить такую величину минимальной суточной нагрузки, которая соответствует фактической промысловой обстановке.

Во-вторых, важно, чтобы расчеты минимальных суточных нагрузок были основаны на современных данных о промысле и рассчитывались ежегодно. Это обстоятельство обусловлено тем, что промысловая численность и биомасса активно эксплуатируемых популяций часто не стационарна в многолетнем аспекте. Поэтому уловы судов должны, на наш взгляд, соответствовать не минимальному по многолетним данным, как обусловлено Методикой, а текущему состоянию запасов. При таком подходе, для определения искомой величины предлагается использовать данные не всех судов, неискажающих отчетность, а только одного из них, средний суточный улов за год которого — наименьший.

В то же время, в случае снижения запаса объекта промысла, причинами которого может быть, например, «вхождение в промысел» низкоурожайных поколений, неизбежно падение средней плотности скоплений гидробионтов и снижение уловов. Необходимое и достаточное уменьшение расчетной величины минимальной суточной нагрузки на судно позволит осваивать квоты полностью и в этом случае. Для этого дополнительно необходима корректировка результатов расчета, учитывающая снижение индекса запаса.

В-третьих, каждые сутки нахождения судна в районе лова с выставленными в море орудиями добычи (одним или несколькими ловушечными порядками) необходимо считать временем промысла. В случае невозможности выполнить это требование (например, по причине непредвиденной поломки выборочного комплекса и т.д.) и в случае, если капитану необходимо приостановить действие

разрешения на право лова, судно должно покинуть район основных промысловых скоплений до устранения поломки и т.п. С введением минимальных суточных уловов и ограничения периода лова стали нередкими случаи, когда рыбопромышленные компании выписывают для своих судов несколько разрешений на право добычи (вылова) небольшого объема ВБР. После того, как заканчивается действие одного разрешения, суда продолжают оставаться в районе в ожидании начала действия следующего. При этом их промысловые порядки находятся в воде. Другие пользователи ВБР реализуют подобную схему добычи с помощью одного разрешения, но с несколькими периодами лова и временными разрывами между ними. Что происходит в промежутки времени запланированного простоя, и для чего промысел организован именно таким образом, догадаться не трудно, учитывая высокую себестоимость времени нахождения в море промыслового судна.

В-четвертых, крайне важно, чтобы работы по определению суточных нагрузок на суда проводились специалистами в области рыбохозяйственных исследований, т.к. только они могут правильно оценить современное биологическое состояние популяции, сделать прогноз изменения индекса запаса и учесть это при дальнейших расчетах. Известно, что увеличение уловов не всегда означает улучшение состояния популяции (Щукина, Букин, 2001; Буяновский, 2012), и неоправданное усиление промысловой нагрузки может привести к длительной депрессии или полному истощению запасов гидробионтов.

С учетом сказанного, автором выполнены расчеты, которые показали, что минимальная суточная нагрузка для промысла, например, в 2013 г. должна была составлять 5,98 т; 2014 г. – 7,82 т; против применяемой единой величины 3,98 т (в соответствии с Приказом).

Совершенствование механизма регулирования промысла трубачей, основанного на ограничении времени нахождения судов в районе и факторов, оптимизирующих его использование, никак не навредит законопослушным рыбакам, однако сильно ограничит деятельность судов, ведущих ННН-промысел. Результатом введения таких мер регулирования будет снижение сверхлимитного

изъятия. Постепенно, в течение нескольких лет, дисбаланс между реальным промысловым выловом и рекомендуемой промысловой нагрузкой будет устранен естественным образом. В будущем это приведет к росту численности эксплуатируемой популяции, увеличению плотности промысловых скоплений и уловов. В результате, выловы должны вырасти, а минимальные суточные нагрузки на судно снова пересчитаны, выводя промысел на более высокий уровень адекватности, а популяцию — на более рациональный режим эксплуатации.

Одной из задач развития рыбохозяйственного сектора экономики Дальнего Востока является полное искоренение ННН-промысла. Научные исследования доказывают, что ежегодные официальные данные о вылове по-прежнему могут быть существенно искажены и занижены (Цыгир, 2014). В настоящее время уровень браконьерского лова в полной мере до сих пор учесть невозможно, но можно оценить его объемы в некотором приближении. На основании данных исследователей в отдельные годы уровень браконьерского вылова в количественном выражении был сопоставим с выловом в рамках официально выделенного ОДУ, а в некоторых случаях даже превышал его (Михеев, 2003; Евсеева, 2006; Цыгир, 2014).

Существованию нелегального рыбного промысла способствует высокая потребность зарубежных оптовых покупателей в российских биоресурсах. В разные годы оценки масштабов незаконного вылова менялись. Например, по данным Всероссийской ассоциации рыбопромышленников и экспортеров (ВАРПЭ), в 2006 г. при ОДУ крабов в размере около 57 тыс. тонн в исключительной зоне России было выловлено почти 150 тыс. тонн крабов, и большая часть вывезена в Японию, Южную Корею, США и Китай. По информации с официального сайта Росрыболовства (со ссылкой на статистику импортно-экспортных операций между Японией и Россией) за 11 месяцев 2010 г. российские рыбаки экспортировали с Дальнего Востока в Японию 4,2 тыс. тонн живых камчатских крабов ([www.fishcom.ru](http://www.fishcom.ru), дата обращения: 11.02.2011). При этом ОДУ дальневосточных крабов этого вида составлял около 1,6 тыс. тонн.

При расчетах величин ОДУ гидробионтов и сохранения их популяций для долговременной эксплуатации специалисты рыбохозяйственной науки вынуждены учитывать все типы промыслового изъятия, в т.ч. и неучтенного, если такое можно обосновано рассчитать. Возможность увеличения современных объемов допустимого легального изъятия по некоторым объектам ценных видов ВБР при действительно рациональной эксплуатации их запасов по-прежнему существует. Корректный расчет величин минимальных суточных нагрузок на судно и правильное их применение будет этому способствовать.

Необходимо отметить, что регулирование промысла с применением минимальных суточных нагрузок сможет стать дополнительным условием, которое будет способствовать активизации добычи некоторых недоосваиваемых, но потенциально востребованных видов трубачей с помощью изменения режима их промышленного освоения, например *Buccinum penphigus*, обитающего на больших глубинах, чем *Buccinum osagawai* и *Buccinum ectomocuma*. Уже есть примеры, когда исключение ранее мало востребованных видов из списка объектов ВБР, для которых устанавливается ОДУ, и квотирование по заявительному принципу стало мерой, стимулирующей, развивающей и оптимизирующей промысел (Абаев, 2013; Прикоки, Смирнов, 2013). При этом возможную подмену видов можно исключить, ограничив район промысла *B.penphigus* и запретив одновременное с ним ведение промысла двух более ценных видов — *B.osagawai* и *B.ectomocuma*.

В настоящее время в северной части Охотского моря добыча валютноёмких беспозвоночных Дальнего Востока ведется в больших объемах. Это не только трубачи, но и креветки, крабы. С одной стороны, географическое расположение этой обширной акватории оказывает не последнюю роль в сохранении запасов. Достаточно удаленный от стран Азиатско-Тихоокеанского региона район делает сложным промысел «летучих голландцев», осуществляющих лов без каких-либо разрешительных документов, никому не подотчетных, и работу которых проконтролировать невозможно. С другой стороны, проблемы рациональной эксплуатации запасов существуют и в северной части Охотского моря.

Рекомендуемое промысловое изъятие не всегда соблюдается, но, как показано в настоящей работе, эта проблема вполне преодолима. Расчет суточных нагрузок является той мерой, которая может не только искоренить ННН-промысел, но и вывести эксплуатацию многих ценных запасов ВБР на новый уровень. Отметим, что применение механизма ограничения пребывания в районе промысла относится к реально действующим мерам контроля и не требует дополнительных финансовых затрат.

Управление запасом невозможно без управляемого промысла. Снижение неопределенностей способствует переходу к более смелым оценкам степени эксплуатации запаса. В результате этого, становится возможным собирать оптимальный промысловый «урожай» (по: Уатт, 1971) с максимальной биомассой.

## ВЫВОДЫ

1. Без данных об индивидуальном возрасте особей, с высоким уровнем надежности получены уравнения Берталанффи, позволяющие оценить групповой рост самцов и самок трубачей *Vuccinum osagawai*. С учетом полученных уравнений, определение возрастного состава уловов трубачей *Vuccinum osagawai* может быть выполнено на основе сепарации смеси вероятностных распределений размерного состава всех особей, поступающих на биологический анализ. В условиях современного промысла самцы и самки трубачей *Vuccinum osagawai* могут достигать возраста 13 лет, средний терминальный возраст для обоих полов составляет 11,8 лет. Рассчитана численность трубачей *Vuccinum osagawai* по годам и возрастам.

2. Данные достоверной промысловой статистики о ловушечных уловах трубачей должны стремиться в своем вероятностном распределении к одному из нескольких определённых типов. Такими типами могут быть: нормальное, гамма и логнормальное непрерывные распределения. При наличии непрерывного вероятностного распределения данных промысловой статистики о ловушечных уловах трубачей, решение об их достоверности может принято в том случае, если отношение величин таких статистик как медиана и арифметическая средняя массива данных находится в пределах от 0,9 до 1,1. С учетом этого, рассчитаны фактические годовые выловы *Vuccinum osagawai* в Северо-Охотморской подзоне Охотского моря в 2006–2013 гг.

3. В современных условиях развития и управления промыслом трубачей Северо-Охотморской подзоны Охотского моря оценку запаса можно выполнить методами, в основе которых лежат производственные модели и модели с возрастной структурой эксплуатируемой популяции. На примере массового вида трубачей *Vuccinum osagawai* выполнена настройка моделей Бабаяна-Кизнера, TISVPA, СВР, и показана их устойчивая работа.

4. Минимальную суточную нагрузку для промысла рекомендуется установить в объеме 7,82 т. Каждые сутки нахождения судна в районе лова с

выставленными в море орудиями добычи необходимо считать временем промысла. Величину минимальной суточной нагрузки рекомендуется рассчитывать и изменять ежегодно.

5. С учетом полученных результатов, при ежегодном биологическом мониторинге, контролируемом изъятии и управлении промыслом, рекомендуемый вылов только *Vaccinum osagawai* может составлять 7,8 тыс. т. По предварительным оценкам, общий рекомендуемый вылов трубачей в целом в перспективе может достигать 10–12 тыс. т ежегодно, что двукратно превышает современное изъятие.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю и глубокую благодарность научному руководителю Д.А. Васильеву (ВНИРО), который оказал неоценимую помощь в подготовке диссертации.

Автор выражает благодарность сотрудникам СахНИРО А.А. Михееву, И.С. Черниенко, А.И. Буяновскому (ВНИРО), М.Н. Белому (МагаданНИРО) за ценные советы при выполнении математической обработки данных.

Автор признателен В.И. Михайлову и С.Л. Марченко, принимавшим активное участие и оказавшим неоценимую помощь в организации, проведении исследований.

Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории промышленных беспозвоночных МагаданНИРО А.Д. Абаеву, Е.А. Метелеву, С.В. Клинушкину А.М. Мельник и особенно В.Г. Григорову, сотрудникам сектора анализа промысла МагаданНИРО Ю.Д. Шевчуку, А.С. Лачугину, оказавшим помощь в сборе и обработке промысловой и биологической информации, а также активно участвующим в обсуждении отдельных разделов рукописи.

Отдельную благодарность автор выражает К.В. Бандурину, А.В. Горничных, В.А. Бизикову, О.А. Булатову, Т.И. Булгаковой, Е.В. Микодиной, С.Г. Подражанской, Д.О. Алексееву, М.Г. Карпинскому, М.А. Черкаевой, Л.Л. Хованской, Р.Р. Юсупову, М.Н. Белому, И.Л. Изергину, Е.А. Фомину за моральную поддержку во время обучения автора в аспирантуре ВНИРО и работы над диссертацией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абаев А.Д. Промысловые крабы прибрежной зоны Северо-Охотоморской подзоны Охотского моря // Отчётная сессия МагаданНИРО по результатам научных исследований 2012 года: материалы докладов. – Магадан: Новая полиграфия, 2013. – С.3–9.

Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов, наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 288 с.

Бабаян В.К. Стратегии управления рыболовством с помощью ОДУ // Первая междунар. науч.-практ. конф. «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов». – М.: ВНИРО, 2006. – С.39–41.

Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. Оценка состояния запасов минтая в прикамчатских водах / ВНИЭРХ 1326 РХ 98 – 1998. – 92 с.

Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. Состояние запасов восточноохотоморского, восточнокамчатского и западноберинговоморского запасов минтая и перспективы их промыслового использования / ВНИЭРХ 1343 РХ 99. – 1999. – 64 с.

Бабаян В.К., Васильев Д.А., Варкентин А.И., Сергеева Н.П. Методические особенности обоснования ОДУ минтая в условиях неопределенности. // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока. Тр. ВНИРО. – М: ВНИРО, 2006. – Т.146 (2006). – С.13–36.

Бабаян В.К., Васильев Д.А., Моисеенко Г.С. и др. Временная методика оценки запасов и ОДУ охотоморского минтая с использованием данных системы «Рыболовство» // Рыбное хозяйство. 2010. №4. – С.44–48.

Белый М. Н. О возможном подходе к оценке естественной смерти зеленого морского ежа (*Strongylocentrotus droebachiensis*) // Известия ТИНРО: сб. науч. тр. – Владивосток, 2006. – Т.144. – С.91–100.

Боруля Е.М., Брегман Ю.Э. Рост и продолжительность жизни брюхоногих моллюсков семейства Vuccinidae в Заливе Петра Великого Японского моря // Биология моря. – 2002. – Т.28. – №4. – С.297-300.

Бронеvский А.М., Сахапов З.И. Метод разделения смеси распределений в исследовании популяций животных / Владивосток: ИБМ ДВО РАН, 1991. – 18 с. – Деп. в ВИНТИ, 1991, №4866-В91.

Буяновский А.И. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запасам: методические рекомендации. – М.: ВНИРО, 2012. – 222 с.

Буяновский А.И., Войдаков Е.В. Возрастной состав травяной креветки *Pandalus latirostris* (Decapoda, Pandalidae) у островов Малой Курильской гряды // Вопросы рыболовства. – 2011. – Т.12. – №2(46). – С.274–292.

Васильев А.Г. Программа для ЭВМ «Е1 Мара» как средство расчета запасов гидробионтов и построения карт распределения. // Сб. науч. тр. МагаданНИРО. – Магадан: МагаданНИРО, 2004. – Вып. 2. – С.430–434.

Васильев А.Г. Результаты исследований на НИС «Зодиак» краба-стригуна опилио и трубачей в Северо-Охотоморской подзоне // Отчётная сессия ФГУП «МагаданНИРО» по результатам научных исследований 2012 г.: материалы докладов. – Магадан: МагаданНИРО, 2013. – С.15–22.

Васильев А.Г., Абаев А.Д., Метелёв Е.А., Клинушкин С.В., Григоров В.Г., Еньков А.М. Современное состояние запасов промысловых беспозвоночных в северной части Охотского моря // Отчётная сессия ФГУП «МагаданНИРО» по результатам научных исследований 2012 г.: материалы докладов. – Магадан: МагаданНИРО. – 2013а. – С.23–28.

Васильев А.Г., Абаев А.Д., Клинушкин С.В., Метелёв Е.А., Григоров В.Г. Обзор научно-исследовательской работы лаборатории промысловых беспозвоночных (ФГУП «МагаданНИРО») в 2012 г. / Магадан: Магаданский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанограф, 2013б. – 111 с. – Деп. в ВИНТИ 18.07.2013, № 209-В2013.

Васильев А.Г., Абаев А.Д., Метелёв Е.А., Мельник А.М., Клинушкин С.В., Григоров В.Г. Состояние запасов промысловых беспозвоночных северной части Охотского моря в 2011 г. / Магадан: Магаданский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанограф., 2014а. – 113 с. – Деп. в ВИНТИ 15.01.2014, № 23-В2014.

Васильев А.Г., Абаев А.Д., Метелёв Е.А., Клинушкин С.В., Григоров В.Г., Шершенкова С.А. Биологическая характеристика, запасы и гидрологические условия обитания промысловых беспозвоночных в северной части Охотского моря в 2013 г. / Магадан: Магаданский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанограф., 2014б. – 117 с. – Деп. в ВИНТИ 19.08.2014, № 241-В2014.

Васильев Д.А. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения. – М.: ВНИРО, 2001. – 110с.

Васильев Д.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611764. Реестр программ для ЭВМ / «Triple-separable Virtual Population Analysis (TISVPA)». – 2006.

Голиков А.Н. Брюхоногие моллюски рода *Neptunea* Volten // Фауна СССР. Моллюски. – М.-Л.: АН СССР, 1963. – Т.5. – Вып. 1. – 218 с.

Голиков А.Н. Некоторые закономерности процессов роста и изменчивости роста на примере моллюсков // Гидробиологические исследования самоочищения водоемов. – Л.: Наука, 1976. – С.97–118.

Голиков А.Н. Моллюски *Vuccinidae* Мирового океана // Фауна СССР. – Л.: Наука, 1980. – Т.5. – Вып. 2. – 508 с.

Голиков А.Н., Кусакин О.Г. Раковинные брюхоногие моллюски литорали морей СССР. – Л.: Наука, 1978. – 292 с.

Голиков А.Н., Сиренко Б.И. Новые данные к построению системы подсемейства *Vuccinidae* (Gastropoda, Pectinibranchia, Vucciniformes) // Тр. ЗИН АН СССР. – 1989. – № 187.

Горничных А.В. Современное состояние промысла брюхоногих моллюсков // Вопросы рыболовства. – 2008. – Т.9. – № 2(34). – С.439-448.

Григоров В.Г. Современное состояние запасов трубачей в северной части Охотского моря // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – С.209–211.

Григоров В.Г. Обзор и перспективы промысла трубачей в Притауйском районе // Матер. II Всерос. науч.-практ. конф. «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011. – С.186–188.

Григоров В.Г. Исследование морфооблика *Vaccinium osagawai* северной части Охотского моря // Сб. науч. тр. МагаданНИРО. – Магадан: МагаданНИРО, 2012а. – Вып. 4. – С.21-25.

Григоров В.Г. Оценка возможности вылова брюхоногих моллюсков северной части Охотского моря за счет введения в промышленный оборот новых видов // Тез. докл. XI Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования (Мурманск, 22–24 мая 2012 г.) [Электронный ресурс]. – Мурманск: ПИНРО, 2012б. – Электрон. опт. диск (CD-ROM).

Григоров В.Г. Управление запасами трубачей северной части Охотского моря на основе регулирования промысла в период их нереста // Тез. докл. Всерос. конф. «Устойчивое использование биологических ресурсов морей России: проблемы и перспективы». – М: ВНИРО, 2012в. – С.38–39.

Григоров В.Г. Современное состояние запасов промысловых видов трубачей северной части Охотского моря // Отчётная сессия ФГУП «МагаданНИРО» по результатам научных исследований 2012 г.: материалы докладов. – Магадан: МагаданНИРО, 2013. – С.40–44.

Григоров В.Г. О возможности реконструкции высоты раковины промысловых видов трубачей // Промысловые беспозвоночные. VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным: материалы докладов. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ». – 2015. – С.216–218.

Евсеева Н.В. Современное состояние ресурсов и рекомендации по рациональному ведению промысла морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* Agassiz в Южно-Курильской промысловой зоне // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. Тр. СахНИРО. – Ю.-Сахалинск: СахНИРО, 2006. – Т.8. – С.128–137.

Егоров Р.В., Барсуков С.Л. Современные *Ancistrolepidinae* / Recent *Ancistrolepidinae*. – М.: Тропа. – 1994. – 48 с.

Иванов Б.Г. О возможности разделения одного возрастного класса у ракообразных на две размерные группы на примере *Pandalus borealis* (Crustacea, Decapoda) // Зоол. журн. – 1978. – Т.57. – Вып. 5. – С.673–681.

Иванов Б.Г. Исследования и промысел креветок-пандалид (Crustacea, Decapoda, Pandalidae) в Северном полушарии: итоги в канун XXI века (с особым вниманием к России) // Исслед. биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России. – М.: ВНИРО, 2001. – С.9–31.

Иванова-Казас О.М. Сравнительная эмбриология беспозвоночных животных: Трохофорные, щупальцевые, щетинкочелюстные, погонофоры. – М.: Наука, 1977. – 312 с.

Иванова-Казас О.М. Эволюционная эмбриология животных. – СПб.: Наука, 1995. – 565 с.

Кантор Ю.И. Брюхоногие моллюски Мирового океана: Подсемейство Волютопсиина. – М.: Наука, 1990. – 180 с.

Кантор Ю.И., Сысоев А.В. Каталог моллюсков России и сопредельных стран. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 627 с.

Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. – Л.: Наука, 1989. – 181с.

Колпаков Е.В. Рост и продолжительность жизни двустворчатого моллюска *Corbicula japonica* (corbiculidae) в озере Круглое (Тернейский район, Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – Вып. 5. – С.226–231.

Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 351 с.

Максимович Н.В. Биоэнергетические свойства поселений двустворчатых моллюсков в Онежском заливе Белого моря // Экосистемы Онежского залива Белого моря. Исслед. фауны морей. – Л.: Наука, 1985. – Т.33(41). – С.179–185.

Максимович Н.В., Герасимова А.В., Кунина Т.А. Продукционные свойства поселений *Macoma Balthica* L. в губе Чупа (Белое море). I. Линейный рост // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 3. – 1992. – №4. – С.12–19.

Матвеева Т.А. Экология и жизненные циклы массовых видов брюхоногих моллюсков Баренцева и Белого морей // Сезонные явления в жизни Баренцева и Белого морей. – М.,Л.: Наука, 1974. – С.65–190.

Международный план действий по предупреждению, сдерживанию, и ликвидации незаконного, нерегистрируемого и нерегулируемого рыбного промысла / Рим, ФАО. – 2008. – 28 с.

Мельник А.М., Абаев А.Д., Васильев А.Г., Клинушкин С.В., Метелёв Е.А. Крабы и крабоиды северной части Охотского моря. – Магадан: МагаданНИРО. – 2014. – 198 с.

Методические рекомендации. Применение математических методов и моделей для оценки запасов рыб / Бабаян В.К., Булгакова Т.И. и др. – М.: ВНИРО, 1984. – 156 с.

Михайлов А.И., Овсянников В.П. Приманки для лова брюхоногих моллюсков // Рыбное хозяйство. – 1984. – № 12. – С.29–30.

Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. Промысловые беспозвоночные шельфа и материкового склона северной части Охотского моря. – Магадан: МагаданНИРО. – 2003. – С.213–263.

Михайлов В.И., Фомин А.В., Горничных А.В., Карасев А.Н., Бандурин К.В., Васильев А.Г. Промысловые беспозвоночные и водоросли северной части Охотского моря / Магадан, 2000. – 83 с. – Деп. в ВИНТИ 07.06.2000, №1643-В00.

Михеев А.А. Расчет оптимального изъятия донных беспозвоночных // Рыбное хозяйство. – 1999. – №5. – С.41–43.

Михеев А.А. Статистическая когортная модель для беспозвоночных с прерывистым ростом // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. Тр. СахНИРО. – Ю.-Сахалинск: СахНИРО, 2003. – Т.5. – С.216-242.

Михеев А.А. Возрастная детерминация размерного состава улова на основе разделения смеси вероятностных распределений // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камч. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва и океанографии. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. – Вып. 22. С.79–92.

Михеев Ф.А., Дмитриевич Г.Д., Павлушин В.А., Марков М.В. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2006612785. Реестр программ для ЭВМ // Официальный бюл. ФС по ИСПТЗ. Сер.: Программы для ЭВМ. Базы данных. Топология интегральных микросхем. RU ОБПБТ №3(56), ФИПС г. Москва. 04.08.2006. – 2006.

Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К., Первеева Е.Р., Абрамова Е.В., Крутченко А.А. Пособие по изучению промысловых ракообразных Дальневосточных морей России. – Ю.-Сахалинск: СахНИРО, 2006. – 114 с.

Овсянников В.П., Островский В.И. Закономерности роста брюхоногого моллюска *Vuccinum osagawai* в северной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т.154. – С.37–45.

Овсянников В.П., Пономарев Ю.А. К вопросу о промысле трубача в северной части Охотского моря // Промыслово-биологические исследования морских беспозвоночных. Сб. науч. трудов. – М.: Изд-во ВНИРО, 1992. – С.127–134.

Первеева Е.Р. Динамика и перспективы состояния запасов краба стригуна *Chionoecetes opilio* в водах Сахалина Динамика и перспективы состояния запасов краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в водах Сахалина // Прибрежное рыболовство – XXI век: тезисы докл. междунар. науч.-

практической конф. Ю.-Сахалинск: СахНИРО, Сах. книжное изд-во, 2001. – С.87–88.

Пискунов А.И. Распределение некоторых видов брюхоногих моллюсков сем. Vuccinidae в северной части Охотского моря // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. – Владивосток: ТИНРО, 1978. – Вып. 9. – С.62–66.

Пискунов А.И. Летнее распределение массовых видов брюхоногих моллюсков семейства Vuccinidae у восточного побережья Сахалина // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. – Владивосток: ТИНРО, 1979. – Вып. 10. – С.52–59.

Пискунов А.И. Некоторые черты экологии брюхоногих моллюсков сем. Vuccinidae в Охотском море // Изв. ТИНРО. – 1982. – Т.106. – С.74–79.

Поляков А.В. Программа для ЭВМ «MapDesigner». – ВНИРО. – 1995.

Поляков А.В. Программа для ЭВМ «Построение и анализ карт распределения запаса – КартМастер». – ВНИРО. – 2003–2008.

Прикоки О.В., Смирнов А.В. Итоги и перспективы расширения ресурсной базы рыболовства в Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской подзонах Охотского моря // Отчётная сессия МагаданНИРО по результатам научных исследований 2012 года: материалы докладов. – Магадан: Новая полиграфия, 2013. – С.127–131.

Радченко Я.Г., Васильев А.Г. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2001610997. Реестр программ для ЭВМ / «Оценка запасов и распределение донных промысловых беспозвоночных – El Мара». – 2001.

Репина Е.М. Промысловые брюхоногие моллюски сем. Vuccinidae залива Петра Великого: структура поселений и особенности биологии. Дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук: 03.00.16 / Репина Елена Михайловна. – Владивосток, 2005. – 167 с.

Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб: пер. с англ. В.К. Бабаяна. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 408 с.

Слизкин А.Г., Сафронов С.Г.. Промысловые крабы прикамчатских вод. – Петропавловск-Камчатский: «Северная Пацифика», 2000. – 180 с.

Смирнов А.А., Васильев А.Г., Клинушкин С.В., Метелёв Е.А., Прикоки О.В. Результаты научно-исследовательских работ, выполненных на НИС «Зодиак» в 2011 г. // Отчётная сессия МагаданНИРО по результатам научных исследований 2011 г.: материалы докладов. – Магадан: МагаданНИРО, 2012. – С.92–94.

Смирнов И.П. Трубачи континентального склона северо-восточного Сахалина // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. – Ю.-Сахалинск: СахНИРО, 1999. – Т.2. – С.156–159.

Смирнов И.П., Клитин А.К. Пространственное распределение и некоторые черты биологии трубачей Татарского пролива // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. – Ю.-Сахалинск: СахНИРО, 1999. – Т.2. – С.107–115.

Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съёмок на примере креветок *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные. Сб. научн. трудов. – М.: ВНИРО, 1988. – С.45–70.

Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. – М.: Мир, 1971. – 364 с.

Урбах В. Ю. Биометрические методы. – М.: Наука, 1964. – 415 с.

Учебник по программе Statistica [электронный ресурс] // URL: <http://www.hrportal.ru/statistica/index.php> (дата обращения: 10.06.2013). – 2008.

Федоров В.В. Некоторые черты донных ландшафтов северной части Охотского моря // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. – М.: ВНИРО, 1997. – С.220–224.

Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных. – М.: Бином-Пресс, 2007. – 512 с.

Цыгир В.В. Экспорт и импорт крабов из России // Крабы-2014 (путинный прогноз). – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2014. – С.98–113.

Щукина Г.Ф., Букин С.Д. О существовании скрытого периода в проявлении внешних признаков перелома // Прибрежное рыболовство - XXI век: тезисы докл. междунар. науч.-практической конф. – Ю.-Сахалинск: СахНИРО, Сах. книжное изд-во, 2001. – С.129–130.

URL: <http://www.fishcom.ru/presscentre/news/Pages/новость004119.aspx>  
(дата обращения: 11.02.2011)

Babayan V., Kizner Z. Dynamic models for TAC assessment: logic, potentialities, development. - ICSEAF. Colln. scient. Pap. int. Commn SE. Atl. Fish. – 1988. – Vol. 15(1). – P.69–83.

Babayan V., Kizner Z., Matushansky M. Notes on modification of a dynamic production model. ICSEAF/89/Meth/7. – 1989. – 3 p.

Cassie R.M. Some uses of probability paper in analysis of size frequency distribution // Austral. J. Mar. Freshwater. Res. – 1954. – Vol.5. – №3. – P.513–522.

Clarke A., Kendall M.A., Gore D.J. The accumulation of fluorescent age pigments in the trochid gastropod *Monodonta lineata* // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1990. – Vol.144. – P.185–204.

Cupul-Magana F.G., Torres-Moyl G. Ages and growth of *Astaea undosa* Wood (Mollusca: Gastropoda) in Baja California, Mexico // Bull. Mar. Sci. – 1996. – Vol.59. – №3. – P.490-497.

Ford E. An account of the herring investigations conducted at Plymouth: during the years from 1924–1933 // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. – 1933. – №19. – P.305–384.

Harding J.P. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions // J. Mar. Biol. Ass. UK. – 1949. – Vol.28. – P.141–153.

ICES, 2004. Report of the Study Group on Assessment Methods Applicable to Assessment of Norwegian Spring-Spawning Herring and Blue Whiting Stocks [SGAMHBW] (Lisbon, 19–22 February, 2004) ICES CM 2004/ACFM:14. – 2004. – 169 p.

ICES, 2006. Report of Working Group on Methods of fish stock assessment (WGMG). Galway, Ireland 21–26 June 2006. ICES CM 2006/RMC:07. – 2006. – 83 p.

Ivanov B.G., Stolyarenko D.A. Humpy shrimp (*Pandalus goniurus*) from the western Bering Sea: a method of estimating the annual increment // ICES mar. Sci. Symp., 1995. – Vol.199. – P.310–319.

Ju S.-J., Secor D.H., Harvey H.R. Use of extractable lipofuscin for age determination of blue crab *Callinectes sapidus* // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1999. – Vol. 185. – P.171–179.

Ju S.-J., Secor D.H., Harvey H.R. Growth rate variability and lipofuscin accumulation rates in the blue crab *Callinectes sapidus* // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 2001. – Vol. 224. – P.197–205.

Kideys A.E. Determination of age and growth of *Buccinum undatum* L. (Gastropoda) of Douglas, Isle of Man // Helgolander Meeresuntersuchungen. – 1996. – Vol.50. – №3. – P.353–368.

Lindner M.J. Estimation of growth rate in animals by marking experiments // U.S. Fish Wild. Serv. Fish. Bull. – 1953. – № 54(78). – P.65–69.

MacDonald B.A., Thomas M.L.H. Age determination of the soft-shell clam *Mya arenaria* using shell internal growth lines // Mar. Biol. – 1980. – Vol.58. – №2. – P.105–110.

Mizushima T., Omi H. Growth and sexual phases of the shrimp, *Pandalus kessleri* Gzerniavsky, in Notsuke bay, Hokkaido, with special reference to the two types of growth // Sci. Reps. Hokkaido Fish. Exp. St. – 1982. – №24. – P.15–27.

Murawski S.A., Ropes J.M., Serchuk F.M. Growth of the ocean quahog *Arctica islandica* in the middle Atlantic bight // *Fish. Bull.* – 1982. – Vol.80. – №1.

Pella J.J., Tomlinson P.K. A generalized stock production model // *Bull. Intern. Amer. Trop. Tuna Commn.* – 1969. – V.13(3). – P.419–496.

Rounsefell G.A., Everhart W.H. *Fishery science: Its methods and applications.* – N.Y.: John Wiley and Sons, 1953. – 444 p.

Schaefer M.B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. // *Bull. Intern. Amer. Trop. Tuna Commn.* – 1954. – Vol.1(2). – P.27–56.

Skuladottir U. The deviation method. A simple method for detecting year-classes of a population of *Pandalus borealis* from length distributions // *Proc. Intern. Pandalid Shrimp Symp.* T. Frady (ed.). Kodiak, Alaska, 13–15 Feb 1979. – 1981. – P. 283–306.

Stolyarenko D.A. Data analysis of trawl shrimp survey with spline approximation of stock density // *Internat. Coun. Explor. Sea (ICES.)* 1986/K:25. – 1986. – 16 p.;

Stolyarenko D.A. The spline approximation method and survey design using interaction with a microcomputer: Spline Survey Designer System// *Internat. Coun. Explor. Sea (ICES.)* 1987/ K:29. – 1987.24 p.

Sund O. The renewal of fish population studied by means of measurement of commercial catches. Example: the Arcto Norwegian cod stock. // *Rapp. et P.-v. des Reun. Cons. Int. Explor. Mer. (CIEM).* – 1930. – Vol.65. – P.10–17.

Tanaka E., Tanaka S. A Method for estimation age composition from length-frequency by using stochastic growth equation // *Nippon Suissan Gaccaiishi.* – 1990. – Vol.56. – P.1204–1218.

Vasilyev D.A. A flexible dynamic approach to TAC assessment on Hewlett-Packard pocket calculators. // *Colln. scient. Pap. Int. Commn. SE. Atl. Fish.* – 1988. – Vol.15(II). – P.255–270.

Vasilyev D.A. Key aspects of robust fish stock assessment. – M.:VNIRO publishing, 2005. – 104 p.

Walford L.A. A new graphic method of describing the growth of animals // Biol. Bull. – 1946. – №90(2). – P.141–147.

Yamakawa T., Matsumiya Y., Simultaneous analysis of multiple length frequency data sets when the growth rates fluctuate between years // J. Fish. Sci. – 1997. – Vol.63. – №5. – P.708–714.