

На правах рукописи



ВАСИЛЬЕВ

Алексей Геннадьевич

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

03.02.14 – Биологические ресурсы

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «МагаданНИРО»)

Научный
руководитель:

Васильев Дмитрий Александрович

доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Официальные
оппоненты:

Спиридонов Василий Альбертович

доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории прибрежных донных сообществ, ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН, г. Москва

Винников Андрей Владимирович

кандидат биологических наук, директор программы по морскому устойчивому рыболовству, Всемирный фонд природы России (WWF России), г. Москва

Ведущая
организация:

ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск

Защита диссертации состоится «16» декабря 2016 г. в 11⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 307.004.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: 107140, г. Москва, Верхняя Красносельская, дом 17

Телефон: +7(499) 264-91-76, электронный адрес: sedova@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО»: http://vniro.ru/files/disser/2016/Vasiliev_Disser.pdf

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. биол. наук



Марина Александровна Седова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. 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. 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 для рационального освоения.

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. Кроме того, это основной район промысла брюхоногих моллюсков сем. *Vuccinidae* — 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 условиях современного промысла, *Vuccinum osagawai* Habe & Ito, 1968 — наиболее массовый вид букцинид в уловах трубачеловных судов в

Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря, в связи с чем он наиболее подвержен промышленной эксплуатации.

Историческое развитие промысла трубачей связано с подрывом ресурсной базы трубачей в условиях слабо регламентированного промысла в Северо-Охотоморской подзоне и последующего закрытия основного района лова (Михайлов и др., 2003). В 2008 г., впервые после повторного открытия традиционного района, плотность скоплений промысловых видов трубачей резко снизилась (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.

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 *Vaccinum 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-Охотоморской подзоны Охотского моря официальных данных промысловой статистики. Сформировать репрезентативные массивы данных о вылове трубачей.

3. Определить перспективные модели для оценки запаса трубачей Северо-Охотоморской подзоны Охотского моря. Выявить возможность их применения для трубачей *Vaccinum osagawai* Северо-Охотоморской

подзоны Охотского моря, определить степень устойчивости и адекватности, выполнить настройку.

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

5. Определить потенциальный вылов эксплуатируемой популяции трубачей *Vissinim osagawai* Северо-Охотоморской 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-Охотоморской 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, устраняющий неопределенность.

Впервые выполнена оценка возрастного состава трубачей *Vissinim osagawai* без визуального анализа структур, регистрирующих возраст. Предложен метод получения данных для построения уравнения группового роста этого вида с учетом изменения размерного состава популяции в межгодовом аспекте. Получено уравнение группового роста

Buccinum osagawai, находящегося в современных 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.

Личный 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 трубачей, разработке программ ЭВМ для автоматизации расчета величины запасов.

Положения, выносимые на защиту.

1. Определение возрастного состава уловов трубачей *Buccinum 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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Особенности биологии и промысла трубачей сем. *Vuccinidae*

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.

Рассмотрены основные этапы истории исследований трубачей сем. *Vuccinidae*, рассмотрены биологические особенности рода *Vuccinum*, в том числе и *Vuccinum osagawai*, обитающего в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря. Приведены сведения об абиотических факторах среды обитания: приуроченность к грунту, температурные условия. Рассмотрены имеющиеся литературные данные о размножении и эмбриональном развитии моллюсков, а также морфометрические особенности *Vuccinum osagawai*. Рассмотрены особенности питания.

Описано современное состояние российского промысла трубачей в северной части Охотского моря, а также его особенности. Обобщены сведения о составе уловов промысловых судов, где доля *Vuccinum osagawai* в разные годы составляет от 60 до 80%. Приведены данные о потенциально промысловых и перспективных видах трубачей рода *Vuccinum*.

Промысел трубачей в северной части Охотского моря осуществляется небольшими коническим ловушками, объединенными в порядки. 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%.

Кроме *Vuccinum osagawai*, промыслом облавливаются скопления *Vuccinum ectomocuma* и в незначительных объемах *Vuccinum pemphigus*.

Глава 2. Подходы к оценке величины запасов в связи с оценкой состояния трубачей

Рассмотрены этапы истории методов оценки запасов гидробионтов. Приведены некоторые сведения о двух основных группах: площадных (Аксютин, 1968; Stolyarenko, 1986, 1987; Столяренко, Иванов, 1988; Михайлов и др., 2003) и биостатистических (Методические рекомендации..., 1984; Васильев Д.А., 2001, 2006; Vasilyev D.A., 2005; и др.).

Дается анализ их преимуществ и некоторых недостатков. Сделан вывод о том, что 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, вследствие чего исследования достаточно затратны и часто трудновыполнимы. Другой проблемой при выполнении учетных съемок трубачей является невысокая уловистость ловушек в отношении особей младших возрастных групп, т.е. пополнения промыслового запаса. В связи с этим, заслуживают внимания биостатистические методы, позволяющие дополнительно использовать данные промысловой статистики, с одной стороны, а с другой — учитывать возрастной состав популяции и рассчитывать пополнение промыслового запаса.

Приведены сведения о методах получения данных о групповом росте беспозвоночных путем анализа размерного состава (Harding, 1949; Cassie, 1954; Sund, 1930; Skuladottir, 1981; Броневский, Сахапов, 1991; Yamakawa, Matsumiya, 1997; и др.). Описаны их преимущества и отдельные недостатки.

Глава 3. Материалы и методы

Материалами для изучения возрастных особенностей, характерных для популяции *Buccinum osagawai*, послужили данные о размерном составе этого вида, полученные с 2006 по 2014 гг. Сбор данных проводился в одном и том же промысловом районе исключительной экономической зоны Северо-Охотоморской подзоны, ограниченном координатами 57°10' и 59°27' с.ш. между 149°20'–153°30' в.д. площадью около 6–8 тыс. км². Общий объем исследованной выборки составил 118,9 тыс. экз. Исследование выполнено для самцов и самок *Buccinum osagawai* отдельно.

Оценка возрастного состава 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 трубачи обладают ростом, подчиняющимся стохастическому закону роста Бергаланффи. Параметры уравнения рассчитаны методом слежения за отклонениями от среднемноголетнего размерного ряда Скуладоттир (Skuladottir, 1981). Для усиления точности метода, он был модифицирован.

Материалами для исследования промысловой статистики о вылове послужили данные об уловах добывающих среднетоннажных судов на промысле трубачей с 2006 по 2013 гг. Исследовано поведение такого параметра как средний улов на ловушку за каждые сутки промысла. Анализ выполнялся по каждому судну отдельно. Эмпирические распределения уловов проверялись на соответствие нескольким типов вероятностных распределений: нормальному, экстремальному, гамма, логнормальному, Вейбула, экспоненциальному, бета, Рэлея. Сравнение наблюдаемых и ожидаемых частот для эмпирических и теоретических вероятностных распределений выполнено с учетом критерия согласия χ^2 Пирсона при уровне статистической значимости $p = 0,05$.

В качестве дополнительной характеристики массивов данных вводится коэффициент, K :

$$K = \frac{\bar{X}}{Me}, \quad (1)$$

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

$$C = Y + N \times CPUE, \quad (2)$$

где C – фактический вылов, Y – вылов без искажений, N – количество судосуток работы судов, искажающих сведения о вылове, $CPUE$ – средневзвешенный суточный вылов судов, неискажающих сведения о вылове.

Оценка состояния запасов и перспектив промысла трубачей *Buccinum osagawai* выполнена методами моделирования с помощью моделей двух типов: продукционной и с возрастной структурой. В качестве входных данных использованы величины фактических годовых уловов, которые включали в себя оценки ННН-промысла (незаконный, нерегулируемый, нерегистрируемый) (Международный..., 2008), полученные автором. Для расчетов продукционной моделью применена динамическая продукционная модель Бабаяна-Кизнера (Babayan, Kizner, 1988; Babayan, Kizner, Matushansky, 1989). Для расчетов моделью с возрастной структурой применена когортная модель TISVPA (Васильев Д.А., 2006).

Глава 4. Определение возрастного состава трубачей *Buccinum osagawai*

Выявлены особенности роста и изменения возрастного состава трубачей *Buccinum osagawai* в условиях активного промысла в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря не прибегая к методам визуального анализа регистрирующих возраст структур.

В результате модификации автором метода Скуладоттир (Skuladottir, 1981) выявлено по 3 поколения самцов и самок, для которых можно четко идентифицировать годовые приросты. Предположено, что близкие (примерно совпадающие) значения размеров для разных поколений соответствуют одному и тому же возрастному классу, поэтому данные были сгруппированы по соответствующим возрастам, что позволило

рассчитать среднемноголетние значения для разных поколений (таблица 1). Значение минимального наблюдаемого в ловушечных уловах возраста было получено Овсянниковым и Островским (2008) экспериментальным путем и соответствует возрасту двух лет.

Таблица 1. Размеры в годовых классах для разных поколений *B.osagawai*, см

Поколение	Возраст, лет								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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

Для каждого из множеств, характеризующих реализации соответствия размеров возрастному классу самцов и самок, с помощью метода наименьших квадратов были рассчитаны коэффициенты уравнения Бергаланффи. По найденным наборам коэффициентов уравнения (таблица 2) построены кривые роста, которые считали истинными для среднемноголетних групповых законов роста самцов и самок соответственно.

Таблица 2. Оптимальные параметры уравнения Бергаланффи для *B.osagawai* по многолетним данным ($p=0,05$)

Пол	Коэфф. роста Броуди, 1/лет	Асимпт. размер L_{∞} , см			Условный возраст нулевого размера t_0 , лет		R^2
		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

С учетом данных о росте определено пространство возможных решений θ при работе модели СВР по поиску возрастных компонент в размерной выборке (таблица 3).

В результате оптимизации параметров θ сепарация смеси размерных распределений выполнена успешно (рисунок 1, 2). Для самцов трубачей *Vaccinium 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 оно легко определяется в возрасте 3+ в 2011 г. (рисунок 1). Кроме того виден вклад поколений, рожденных в 1999–2001 гг. в пополнение промысловой части популяции в последующие годы.

Таблица 3. Уточненные параметры гиперкуба θ возможных решений для модели СВР

Параметр	Стартовое значение	Левая граница	Правая граница
Самцы			
Максимальная продолжительность жизни в популяции t_k , лет	15		
Коэффициент роста Бруды, 1/лет	0,099	0,027	0,171
Асимптотический размер L_∞ , 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 σ_0 , см	0,2	0	0,5
Самки			
Максимальная продолжительность жизни в популяции t_k , лет	15		
Коэффициент роста Бруды, 1/лет	0,085	-0,016	0,185
Асимптотический размер L_∞ , 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 σ_0 , см	0,2	0	0,5

Для самок трубочей *Vuccinum osagawai* максимальный возраст 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 оно определяется в возрасте 3+ в 2011 г. (рисунок 2). Также виден вклад поколений, рожденных в 1999–2001 гг. в пополнение промысловой части популяции в последующие годы.

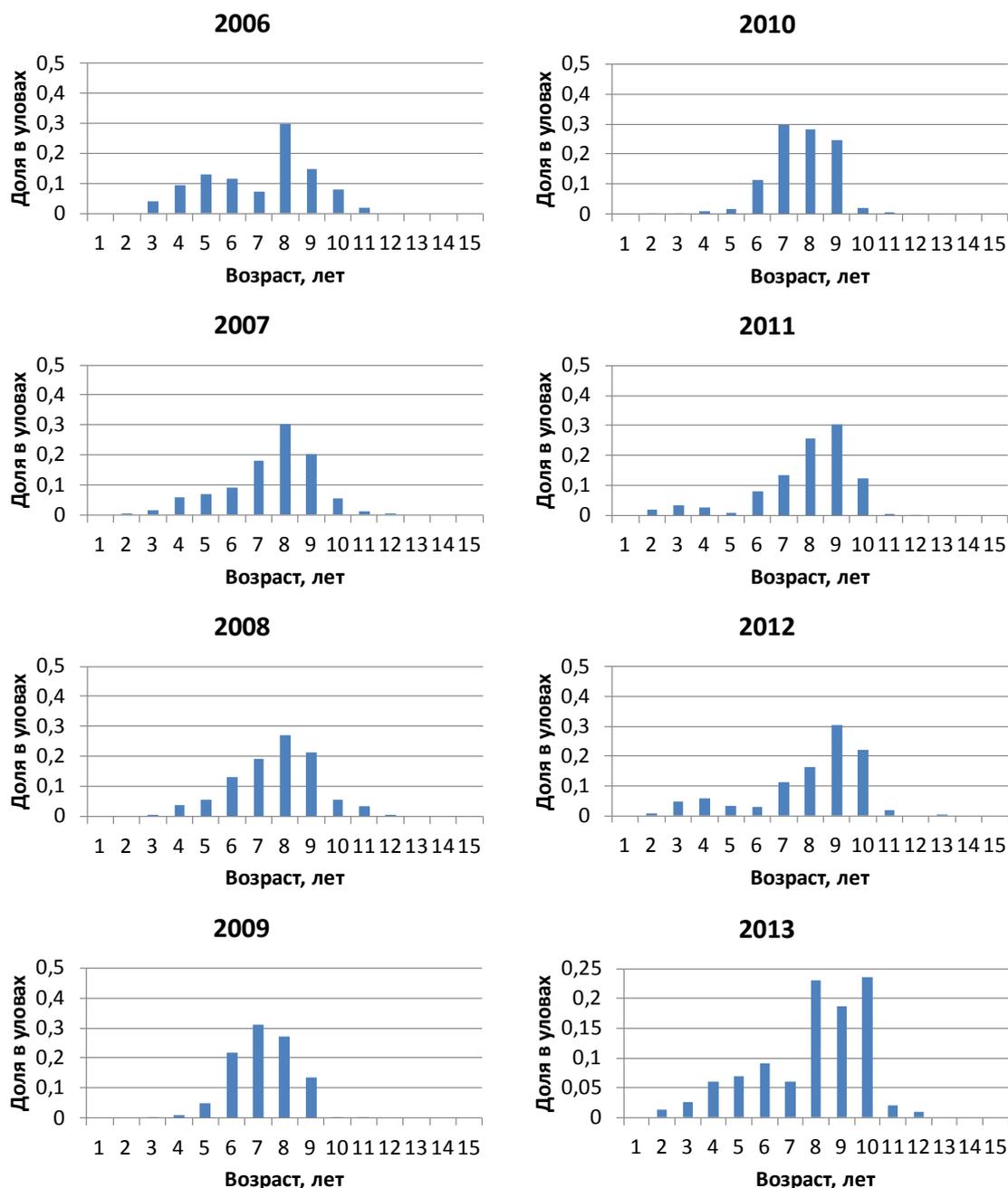


Рис. 1. Динамика возрастного состава самцов *V.osagawai* по данным 2006–2013 гг.

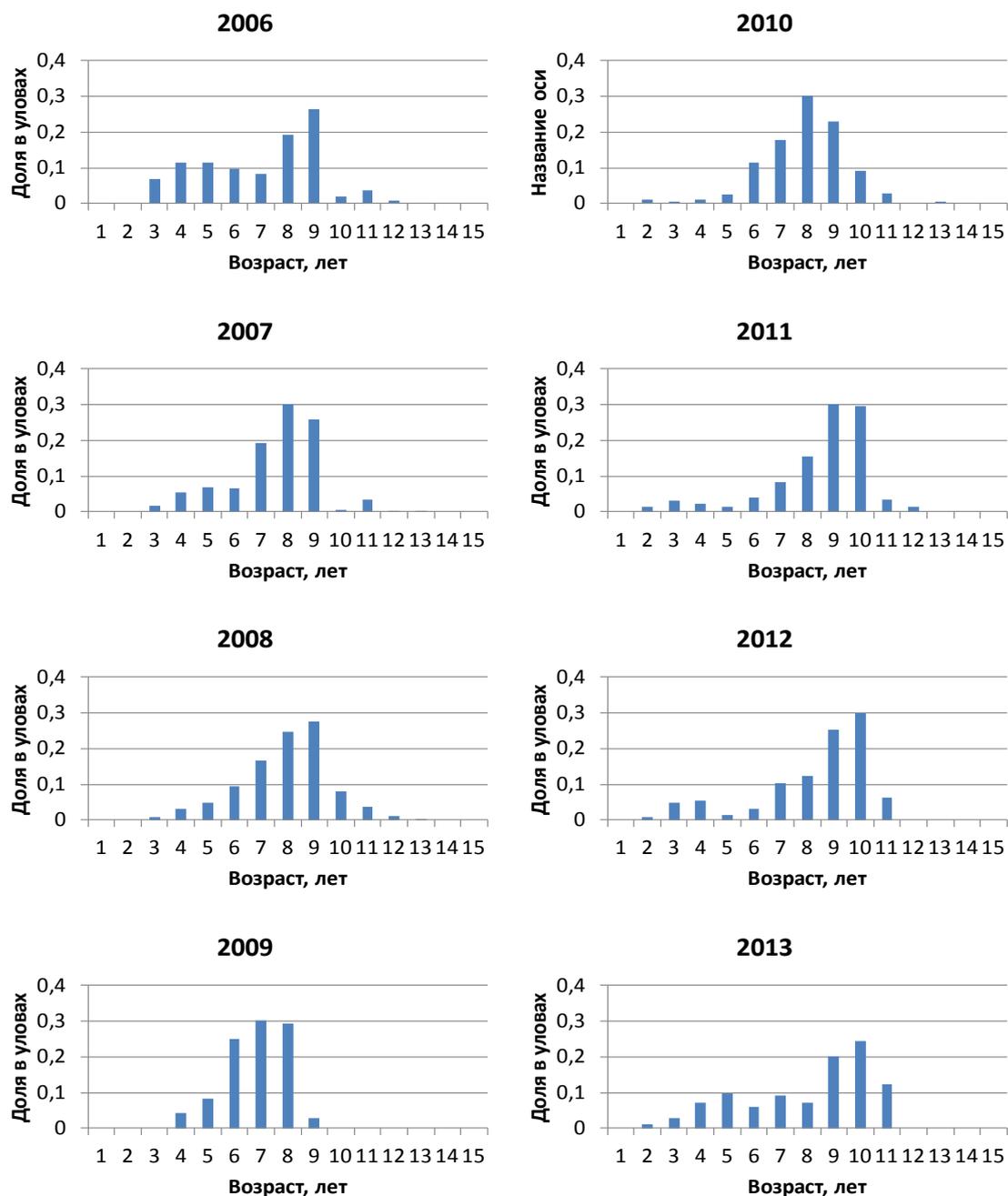


Рис. 2. Динамика возрастного состава самок *B.osagawai* по данным 2006–2013 гг.

Глава 5. Уточнение объемов вылова трубачей *Buccinum osagawai*

Рассматриваются особенности современного освоения ресурсов трубачей в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря. Предложен метод определения достоверности данных о вылове судов, ведущих их промышленный лов трубачевыми ловушками.

Показано, что истинные ловушечные уловы трубачей должны стремиться в своем вероятностном распределении к трем типам непрерывных распределений: нормальному, гамма и логнормальному. Также хорошую аппроксимацию эмпирических данных показали экстремальное распределение и распределение Вейбула. Однозначного распределения для всех судов не выявлено. При этом эмпирические распределения уловов не могут стремиться к распределениям экспоненциальному, бета и Рэлея.

Учитывая важность рассмотренного вопроса, границы варьирования параметра K , рассчитываемого по формуле (1) и характеризующего промысловую деятельность судна, оценены для высокого (99,9%) доверительного интервала. Допустимые значения K для режима промышленного лова трубачей должны находиться в пределах от 0,9 до 1,1.

Независимый фактор наличия или отсутствия научного сотрудника на промысловом судне значимо влиял на факт описания данных вероятностным законом распределения, а также на величину коэффициента K . 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 вероятностного распределения уловов влиял на значение K практически с нулевой вероятностью ошибки ($p = 6,4 \times 10^{-12}$).

Показано, что некоторые суда искажают данные о вылове трубачей. С учетом полученных данных, выполнена оценка фактического промыслового вылова трубачей в Северо-Охотоморской подзоне в 2006–2013 гг. (таблица 4). В основу положены данные о промысловой деятельности судов, для которых были найдены вероятностные

распределения уловов, а их показатель K находился в пределах допустимого диапазона.

Таблица 4. Данные об официальном и рассчитанном промышленном вылове трубачей в Северо-Охотоморской подзоне в 2006–2013 гг.

Год	Общий вылов, т		Отклонение, т
	По официальным данным	Расчетный	
2006	4120	5669	1549
2007	3978	5440	1462
2008	5648	6702	1054
2009	5790	9097	3307
2010	5271	10695	5424
2011	3951	6714	2763
2012	3709	5092	1383
2013	3388	3626	237

Отклонение составило в разные годы от 0,2 до 5,4 тыс. т (таблица 4), в среднем составляя 2,1 тыс. т. Максимальные величины отклонений наблюдались в 2010 г. (рисунок 3). 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.

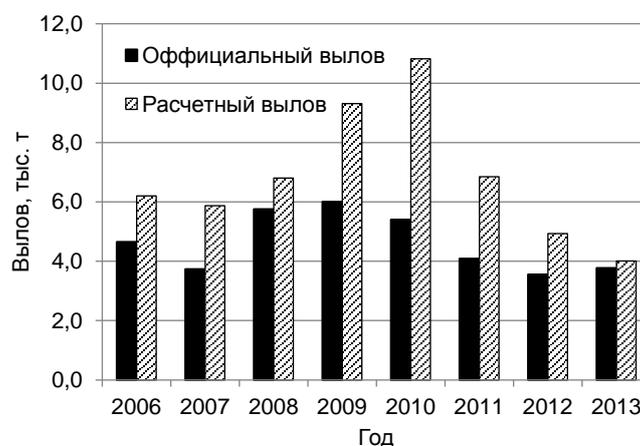


Рис. 3. Вылов трубачей в Северо-Охотоморской подзоне в 2006–2013 гг.

В связи с тем, что отчетность о промышленном вылове трубачей ведется без разделения на отдельные виды, для оценки вылова *Buccinum osagawai*, полученные величины фактического изъятия были скорректированы с учетом доли этого вида в уловах по данным биологических анализов (таблица 5).

Таблица 5. Данные о расчетном промышленном вылове *B.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

Уточнение вылова позволило рассмотреть вопросы, связанные с оценкой запаса *Buccinum osagawai* с помощью математических моделей высокого уровня: продукционной и модели с возрастной структурой. Выполнена их настройка, применительно к изучаемой единице запаса.

Полученные оценки параметров продукционной модели составили:

$$q = 0,055;$$

$$k = 0,612;$$

$$B_{\infty} = 78,0 \text{ тыс. т};$$

$$B_{MSY} = 39,0 \text{ тыс.т.}$$

Анализ кривых равновесных уловов показал, что несмотря на снижение биомассы промыслового запаса, она все еще находится на уровне, превышающем величину биомассы, соответствующей максимальному устойчивому улову (рисунок 4). То есть, запас не подорван, а лишь приближается, притом «сверху», к биомассе, обеспечивающей его максимальную продуктивность.

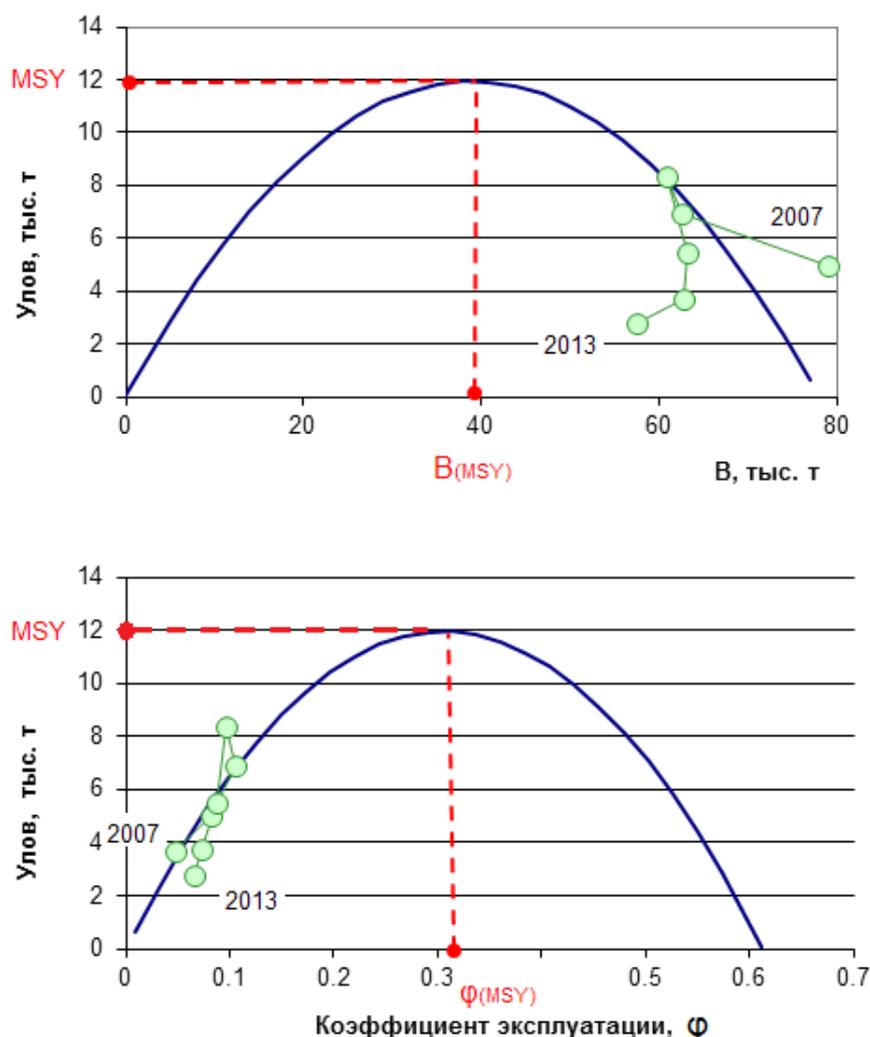


Рис. 4. Кривые равновесных уловов

Для оценки величины возможного вылова *Vuccinum osagawai* использована методология предосторожного подхода (Бабаян, 2006). В качестве целевого ориентира по биомассе принимается величина промысловой биомассы $B_{tr} = B(\varphi_{0.1})$, 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.

Значения рассчитанных биологических ориентиров управления составили: $B_{tr} = B_{0.1} = 36$ тыс. т; $\varphi_{tr} = \varphi_{0.1} = 0,32 \left(\frac{1}{\text{год}}\right)$. Ведение промысла в соответствии с оцененным целевым ориентиром промысловой смертности соответствовало бы величине допустимого изъятия трубачей *Vaccinum osagawai* 7,8 тыс. т в 2015 г. при биомассе запаса 58 тыс. т на начало 2015 года.

Оценки численности запаса *Vaccinum osagawai*, полученные по модели с возрастной структурой, приведены в таблице 6. Полученные результаты говорят о некоторой стабильности в состоянии запаса. При этом его промысловая биомасса ($B(7+)$ на рисунке 5) хоть и снизилась по сравнению с 2009 г., однако все еще продолжает находиться на уровне (2006–2007 гг.), имеющем потенциал увеличения.

Таблица 6. 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

На рисунке 5 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 продукционной 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 продукционной 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 различных 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 ($R=0,83$; $p < 0,05$).

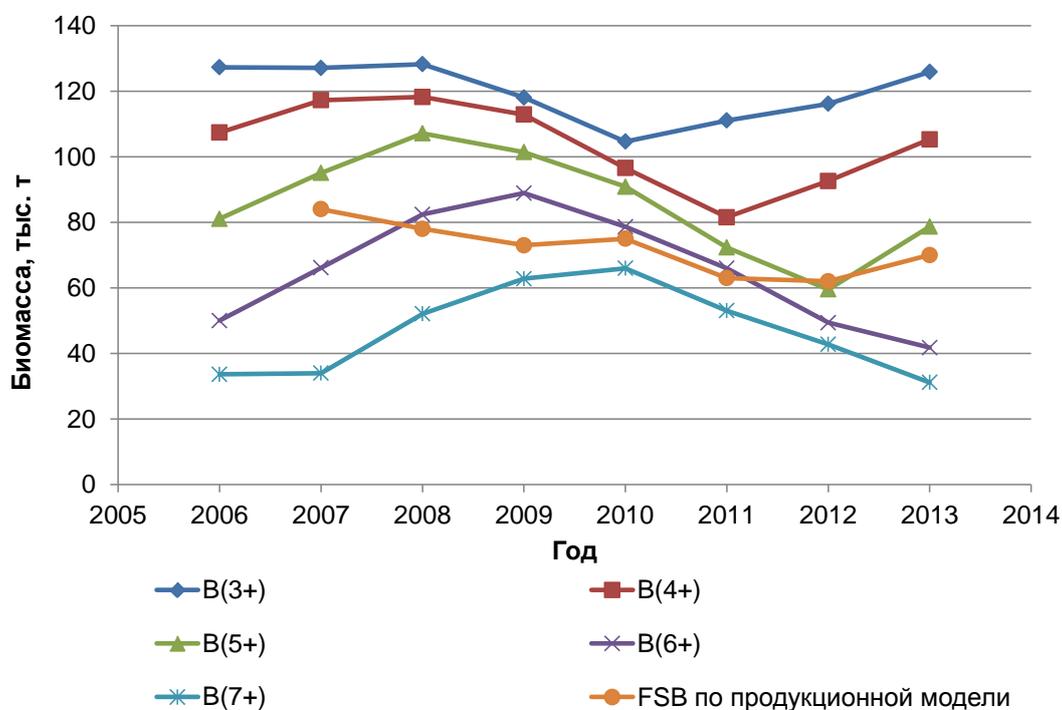


Рис. 5. Оценки биомассы запаса в возрасте 3 лет и старше, 4 лет и старше и т.д. в сравнении с оценками промыслового запаса (*FSB*) по продукционной модели

Глава 7. Рекомендации по регулированию промысла трубачей в Северо-Охотморской подзоне Охотского моря

Предлагается оптимизировать механизм регулирования промысла трубачей, основанный на ограничении времени нахождения судов в районе.

В 2011 г. специалистами ВНИРО была предложена методика расчета по многолетним данным минимального суточного объема вылова. На основе этой величины, при выписке разрешения на право добычи (вылова) рассчитывается время пребывания отдельного судна в районе промысла, необходимое для полного освоения квоты, и ограничиваются сроки.

При расчетах минимального суточного объема вылова необходимо устранить неопределенность, связанную с искажением промысловой статистики о вылове, как это предложено сделать в диссертационной работе. Кроме того, расчеты минимальных суточных нагрузок должны быть адекватны современному состоянию промысла и рассчитываться ежегодно. 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 и учесть его при расчетах.

Учитывая сказанное, минимальная суточная нагрузка для промысла, например, в 2013 г. должна была составлять 5,98 т; в 2014 г. – 7,82 т; против применяемой единой величины 3,98 т (Приказ Федерального агентства по рыболовству от 23.10.2012 г. №564).

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, искажающих сведения о вылове. Механизм ограничения пребывания в районе промысла относится к реально действующим мерам контроля и не требует дополнительных финансовых затрат.

Кроме этого, регулирование промысла через ограничение времени пребывания в районе лова может стать дополнительным условием, способствующем активизации добычи некоторых других

недоосваиваемых, но потенциально востребованных промысловых видов трубачей рода *Vaccinum*, например *Vaccinum retphigus*.

ВЫВОДЫ

1. Без данных об индивидуальном возрасте особей, с высоким уровнем надежности получены уравнения Бергаланффи, позволяющие оценить групповой рост самцов и самок трубачей *Vaccinum osagawai*. С учетом полученных уравнений, определение возрастного состава уловов трубачей *Vaccinum 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 *Vaccinum osagawai* могут достигать возраста 13 лет, средний терминальный возраст для обоих полов составляет 11,8 лет. Рассчитана численность трубачей *Vaccinum 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 *Vaccinum 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 *Vaccinum 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.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Васильев А.Г.** Методы оценки данных промысловой статистики на примере анализа промысла трубачей // Вопросы рыболовства. – 2014. – Т.15. – №2. – С.299–311.

2. **Васильев А.Г.** Об определении минимальных суточных уловов промысловых беспозвоночных // Рыбное хозяйство. – 2015. – №3. – С.70–73.

Авторские свидетельства

3. 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.

Публикации в других отечественных и зарубежных изданиях

4. **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.

5. **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.

6. **Васильев А.Г.** Современное состояние запасов промысловых беспозвоночных в зоне ответственности ФГУП «МагаданНИРО»: прогнозы и перспективы // Отчётная сессия ФГУП «МагаданНИРО» по результатам научных исследований 2013 г.: материалы докладов. – Магадан: МагаданНИРО, 2014. – С.19–24.

7. **Васильев А.Г.** Модификация метода отклонений для построения уравнения группового роста брюхоногого моллюска *Buccinum osagawai* // Матер. междунар. науч. конф. «Science, technology and life – 2014». – Karlovy Vary: Skleněný Můstek - Kirov: MCNIP, 2015. – С.80–89.

8. **Васильев А.Г.** Оценка состояния запаса и ОДУ трубача *Buccinum osagawai* с использованием продукционных моделей // Промысловые беспозвоночные. VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным: материалы докладов. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ». – 2015. – С.213–215.

9. **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. – 2013. – С.23–28.

10. **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., 2013. – 111 с. – Деп. в ВИНТИ 18.07.2013, № 209-В2013.

11. **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., 2014. – 113 с. – Деп. в ВИНТИ 15.01.2014, № 23-В2014.

12. **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., 2014. – 117 с. – Деп. в ВИНТИ 19.08.2014, № 241-В2014.

13. 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.

14. 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: Магаданский науч.-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанограф., 2000. – 83 с. – Деп. в ВИНТИ 07.06.2000, №1643-В00.

15. 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.