



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБУН

Институт океанологии им. П.П.  
Ширшова РАН, член-корр. РАН

А.В. Соков

08 сентября 2022 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук на диссертационную работу Баканева Сергея Викторовича на тему «Биологические основы эксплуатации запасов промысловых беспозвоночных в Баренцевом море», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.16 – гидробиология в диссертационный совет 37.1.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

**Актуальность исследований.** Современные тенденции уменьшения промысловых запасов рыб и беспозвоночных являются тревожным показателем неустойчивого управления рыболовством, изменения климата и других экологических факторов. Однако перелов морских организмов, бесспорно, имеет наибольшее влияние на подрыв популяций и уменьшение размеров промысловых объектов. Мировое сообщество заинтересованно в долговременном устойчивом рыболовстве, которое позволит вылавливать морские объекты без подрыва запаса. Однако большинство методов контроля и расчета параметров такого рыболовства основываются на неполных данных и по большей части субъективных экспертных оценках о величине максимального устойчивого долгосрочного вылова. Данная проблема в высокой степени актуальна для отечественного промысла в Баренцевом море. Ярким примером такового является перелов исландского гребешка *Chlamys islandica*, вплоть до подрыва его запаса и прекращения промысла в Баренцевом море. Рассматриваемая работа сосредоточена на объединении и анализе многолетних данных о биологии и промысле исландского гребешка *Chlamys islandica*, северной креветки *Pandalus borealis* и двух крабов вселенцев - камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* и краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом море. Анализ основывается на современных методиках математического анализа и сравнения разных моделей, что позволяет выявить пробелы в информации и, используя разные модели, выбрать наиболее информативные методики для анализа данных различного уровня информативности и объема. Такого рода методики позволяют более достоверно и информативно рассчитать сценарии динамики промыслового запаса этих ценных объектов, рассчитать необходимые параметры и разработать теоретические основы для рационального управления промыслом беспозвоночных в Баренцевом море.

**Научная новизна.** Научная новизна диссертационной работы С.В. Баканева состоит в обобщении и анализе результатов многолетних исследований баренцевоморских запасов

северной креветки, исландского гребешка, камчатского краба и краба-стригуна опилио. На основе статистического анализа систем «запас – промысел», стохастических производственных моделей, эколого-математических моделей распределения вида (*species distribution models*) и немодельного подхода к оценке биологических ориентиров управления и разработки правил регулирования промысла (ПРП) изучена популяционная динамика этих видов, а также проанализировано воздействие промысла на величину их запасов, предложен метод оценки численности и определения общего допустимого улова, выявлены факторы, влияющие на акклиматизацию краба-стригуна опилио в баренцевоморском регионе.

**Практическая значимость** данной работы не вызывает сомнения, так как основная цель работы имеет прикладной характер. **Работа изложена** на 387 страницах и состоит из введения, 5 глав, выводов и списка литературы. Текст работы проиллюстрирован 102 рисунками и включает 56 таблицы. Список цитированной литературы состоит из 471 наименований, в том числе 279 на иностранных языках.

**В первой главе** подробно рассмотрены физико-географические условия формирования скоплений промысловых беспозвоночных в Баренцевом море. Основными параметрами выбраны рельеф дна, состав грунта, циркуляция, а также температура и соленость водных масс. Данные представлены последовательно и с привязкой к биологическим характеристикам объектов. В основном обсуждаются характеристики придонного слоя воды, их температура и соленость, так как они напрямую влияют на промысловые стадии изучаемых объектов. Однако у всех изучаемых видов имеется пелагическая личинка, которая более чувствительна к перемене условий и создает основу пополнения популяции. К сожалению, для поверхностных слоев только изменчивость солености хоть как-то упомянута в тексте, но без привязки к пределам выносливости личинок. В описании к рис. 1.7 заявлено две карты: «Среднемноголетнее распределение солености воды в Баренцевом море и сопредельных водах на поверхности (А) и у дна (Б)», однако представлена только одна, неизвестно какая.

В данной главе, и далее в тексте несколько раз упоминается что «Одним из возможных факторов, ограничивающих распространение краба-стригуна опилио в прибрежных районах, является соленость придонных вод», но далее показано, что не является, так как соленость на всей акватории не ниже уровня толерантности краба. Такое заострение внимания на данном физико-географическом факторе вызывает удивление, так как все приведенные параметры могут быть лимитирующими, и, судя по всему, основным является температура, как для краба-стригуна, так и для камчатского краба. Показано что для камчатского краба недолгие перепады в температуре не имеют сильного влияния на его выживание и распространения и только «продолжительные периоды отрицательных температур» являются лимитирующими. Однако понятие кратковременности и длительности таких периодов не уточнено – дни, недели, месяцы?

**Во второй главе** изложены материалы и методы, используемые в данной работе. Приведены данные об огромном объеме собранного материала (108 специализированных и комплексных экспедиций в Баренцевом море и сопредельных водах с 1984 по 2020 гг., в 18 из которых материал был собран непосредственно автором, а также данные из 42 научно-промысловых рейсов, где материал был собран научными наблюдателями). Далее приведена полноценная и исчерпывающая информация об орудиях лова, районах, рейсах,

сезонах и годах сбора материала для каждого изучаемого вида. Также для каждого вида приведены данные научно-исследовательских съемок с детальным описанием методов оценки различий в уловистости используемых орудий лова и вероятности облова всего ареала, что имеет принципиальное значение в расчёте индекса запаса. В разделе очень подробно и четко обоснован выбор методов оценки индексов запасов.

Для каждого вида приведено подробное описание используемых биологических параметров и количество проанализированных особей. Для всех видов используется стандартный набор биологических параметров: ширина или длина карапакса, высота раковины, плодовитость (количество икринок), и т.д. Возникает только один вопрос относительно используемого параметра для оценки половой зрелости самок краба-стригуна – наличие икры на плеоподах. Для этого краба широко используется ширина abdomena как показатель зрелости самки, так как самка может быть уже зрелой и еще не успеть отложить икру, или уже выпустить личинок. У самцов этого краба при созревании меняется отношение высоты клешни к ее ширине, а у самок – отношение ширины карапакса к ширине abdomena (Alunno-Bruscia M., Sainte-Marie B. Abdomen allometry, ovary development, and growth of female snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae), in the northwestern Gulf of St. Lawrence. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1998. V.55(2). P. 459–477).

При пространственном моделировании распределения краба-стригуна, помимо вышеописанных физико-географических параметров, также были использованы концентрации растворенного кислорода, нитратов и фосфатов. Однако не приведены обоснования для использования этих параметров и не сказано, как они могут влиять на краба. В особенности это касается нитратов и фосфатов, которые более показательны для фитопланктона. В то же время в данной модели была включена биомасса макробентоса, которая может быть грубым показателем кормовой базы. Однако, как и далее в работе, данная переменная мало и достаточно грубо учитывается и рассматривается. Несмотря на свой широкий спектр питания, краб не способен есть все виды донных организмов, и тотальная биомасса макробентоса может быть не показательна с точки зрения реальной кормовой базы.

Также как и в отношении научно-исследовательских съемок, очень подробно и аккуратно описаны используемые промысловые данные, их объем, достоинства и недостатки при использовании для оценки состояния запаса промысловых видов.

Два следующих раздела главы «Материалы и методы» посвящены детальному математическому и биологическому обоснованию используемых моделей динамики запаса и оценке их параметров. В этих разделах очень подробно описан используемый математический аппарат, вплоть до основных принципов Байесовской статистики. Возможно, описание широко используемых математических подходов излишне для работы, в которой они используются в прикладных целях, однако это позволяет не столь посвященному читателю, при желании, понять и оценить фундаментальные основы используемых методов анализа.

**В третьей главе** поочередно для каждого вида промысловых донных беспозвоночных Баренцева моря рассмотрены распределение запасов, некоторые популяционные характеристики и особенности жизненных циклов, а так же промысел. Для крабов подробно описана история вселения в Баренцево море, историческое и современное распределение и тенденции в развитии популяций. Для всех видов описаны жизненные

циклы, но наиболее подробно автор останавливается на биологии взрослых особей. Как и в первой главе, солёность рассматривается как возможный лимитирующий фактор для краба-стригуна, но это предположение тут же и опровергнуто. В тексте речь идет именно о взрослых особях, которые достаточно устойчивы к колебаниям солености, и не обсуждаются личиночные стадии. В то же время, для креветки выживаемость личинок предлагается как один из основных параметров пополнения популяции. Отсутствие какой-либо информации о выживаемости личинок крабов, влияния на них физико-географических параметров, особенно – температуры и солености, не позволяет в дальнейшем полноценно обсуждать вспышки численности в разные года промысла. В следующей главе, при обсуждении нехватки информации о пополнении и недостатка сведений о крабах мелких размеров, такие данные были бы полезны при анализе пополнения популяций краба. Так, автор сам утверждает, что «другой особенностью оценки запаса камчатского краба баренцевоморской популяции является невозможность использования оценок нерестового запаса – ключевого параметра для определения статуса запаса и выбора ориентиров управления». Еще одним фактором, влияющим на пополнение популяции краба, может быть длительность вынашивания икры самками. В литературе представлены данные о возможности самок вынашивать икру от года до двух лет (Moriyasu M., Lanteigne C. Embryo development and reproductive cycle in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (Crustacea: Majidae), in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. *Canadian Journal of Zoology*. 1998. V. 76(11). P. 2040–2048), что может приводить к разной цикличности пополнения популяции.

В дополнение к повторному обсуждению влияния солености, в данной главе обсуждаются концентрации нитратов, фосфатов и кислорода, которые оцениваются как важные параметры моделей. Однако, далее упоминается что «вклад этой группы факторов обусловлен, прежде всего, распределением вида по отношению к распределению типов водных масс Баренцева моря», и высокие концентрации биогенных элементов приурочены к Атлантическим водам, которые в свою очередь отличаются «повышенным теплосодержанием». Автор далее сам предполагает, что «возможно, что концентрации рассматриваемых компонентов не являются сами по себе лимитирующими для расселения и не влияют непосредственно на распределение вида...». Остается не ясным выбор именно этих компонентов для анализа распределения именно краба-стригуна. На основании чего возникло предположение, что они как то влияют на рост и выживаемости краба, есть ли какие-то литературные или личные данные об этом? Судя по всему, эти показатели создают шум в анализе из-за корреляции с независимой переменной (температура), для которой есть обширные литературные данные о влиянии на жизненный цикл и рост краба-стригуна. В дополнение ко всему автор предполагает что «эта гипотеза может быть подтверждена только при обнаружении скоплений краба в районах архипелага Шпицберген». Однако не приводит концентрации нитратов и фосфатов в водах нативного ареала, и отсутствие краба в районах архипелага может быть связано с другими лимитирующими факторами, не говоря уже о возможности экспериментального метода.

**В четвертой главе** описан модельный подход к управлению запасами донных беспозвоночных Баренцева моря. На примере камчатского краба рассмотрены расчеты и параметры динамики запаса промысловых беспозвоночных на основе модели истощения Лесли, простой продукционной модели на основе уравнения Шефера, а также двух когортных: CSA, включающей три размерных класса, и более сложной LBA, включающей

12 размерных групп. Автор показал, что результаты оценок биомасс по методу Лесли весьма правдоподобно описывают динамику запаса и могут являться показателем состояния запаса. Результаты, полученные с помощью этой модели, могут быть использованы для настройки когортных моделей и служить дополнительным источником информации о состоянии запаса при прогнозе динамики запаса и расчете общих допустимых уловов. Продукционный подход к динамике баренцевоморской популяции камчатского краба дал крайне ненадежные результаты с оценками численности. Модели CSA, LBA показали удовлетворительное соответствие модельных расчетов с исходными данными по съемке. В совокупности модели показали два пика численности камчатского краба в Баренцевом море: с 2003 по 2005 гг. с падением к 2006 г. и снова рост 2011-2015 гг.

Все модели и методы оценки численности популяций основываются на предположениях, использование которых упрощает моделирование биосистемы на длинных рядах качественных данных. Используемые модели основаны и применяются для нативных популяций, которые до начала вылова были в равновесии в экосистеме. Использование таких моделей для видов-вселенцев имеет ряд особенностей и связанных с ними возможными ошибками в анализе. Камчатский краб был вселен в Баренцево море в 70х годах, первый взрывной рост популяции был отмечен только в конце 90-х, и, судя по результатам приведенных в работе сведений, достиг своего максимума в 2003. На протяжении всей работы автор не раз упоминает этот факт и приводит в пример как пик численности, однако, то одновременно, то попеременно приводит разные доводы для объяснения последующего падения численности популяции – естественные биологические процессы или перевылов, или их совместное влияние. Создается впечатление, что в разных ситуациях используется тот вариант, который больше подходит для интерпретации моделей. Так, в продукционном подходе численность популяции 2003 г. берется как показатель максимальной емкости среды (K). Однако речь идет о вселенце, который возможно не достиг равновесия. При заселении вселенец зачастую создает популяцию, во многом превышающую емкость среды, после чего его популяция рушится и со временем достигает равновесия. Флуктуации запаса камчатского краба могут быть связаны с естественными процессами вселения чужеродного вида. То есть максимальная емкость среды может быть гораздо ниже, чем следует из расчетов, основанных на данных 2003-2004 гг. «Среда» еще не адаптировалась к крабу и сама не является стабильным параметром, так как вселенец может привести к существенным перестройкам среды, которые могут занять не одно десятилетие. В то же время начало промысла могло привести к уменьшению роста популяции, и камчатский краб до сих пор не достиг своего пика популяции. Однако при тестировании ПРП автор утверждает: «Первое поколение вступило в промысловый запас в 2003 – 2005 гг. ...Впоследствии чрезмерная промысловая нагрузка снизила промысловую биомассу».

Многие параметры, используемые в приведенных моделях взяты из литературных источников (к примеру, естественная смертность) и основаны на данных, полученных из нативных ареалов обитания. Рассмотрение популяционной динамики камчатского и тем более позднего вселенца, краба-стригуна, не принимая во внимание особенности популяционной динамики, связанной с акклиматизацией, может приводить к ошибкам в прогнозе будущего состояния популяции и влияния промысла на него. Таким образом, использовать опыт из нативных популяций стоит с осторожностью, и с оглядкой на теорию

вселения чужеродного вида. Однако автор в основном учитывает только дальнейшее расширение ареала, но не динамику роста чужеродной популяции. Не смотря на то, что автор упоминает инвазивную природу популяций изучаемых крабов, это никак не отражается в используемых параметрах моделей и только косвенно упоминается в их интерпретации. Так, автор утверждает, что «анализ распределения краба-стригуна опилио и динамики его запаса на акватории ИЭЗ РФ Баренцева моря показал, что в настоящее время по формальным признакам натурализация вида в данном регионе приближается к завершению». Это довольно спорное утверждение с учетом недавнего вселения столь крупного хищника и неполноты данных о перестройке макробентоса в районах его вселения. Натурализация вида связана не только с ростом численности и распространением вселенца, но и с достижением баланса в новой экосистеме. В то же время, автор не раз заостряет внимание на непродолжительности наблюдений и нехватке данных для более точного прогноза динамики популяций, что в будущем может быть восполнено и даст более показательную картину стабилизации популяций вселенцев.

Данная диссертационная работа показала преимущества и высокую прикладную силу использования описанных выше моделей для расчета динамики популяций промысловых беспозвоночных. Несмотря на это, использование любых моделей приводит к существенным упрощениям реальных экологических и биологических процессов. Так, все модели рассматривают один объект, в основном взрослых особей, отдельно от биотических и абиотических факторов, влияющих на них. Даже изучаемые промысловые виды могут влиять друг на друга, не говоря уже о других хищниках, перестройке в кормовой базе и изменении физико-географических параметров. Анализ динамики популяции помещается в своего рода вакуум, и абстрагируется от всего комплекса взаимосвязей при использовании коэффициентов естественной смертности (которые в случае камчатского краба основаны на тихоокеанских данных), вероятности линьки, емкость среды и т.д. Это никак не умаляет применимости и важности использование моделей для прогноза динамики популяций и разработки методов управления промыслом, но требует осторожности в интерпретации, и дополнительной экспертной доработки с учетом экосистемных взаимосвязей.

**В пятой главе** обсуждаются принципы единой стратегии регулирования промысла беспозвоночных в Баренцевом море на примерах управления запасами беспозвоночных в отечественной и международной практике. Особенно детально описаны современные методы управления промыслом, используемые в США. Такой пример современных методов анализа данных, потоков информации и взаимосвязей для эффективного управления, конечно, заслуживает рассмотрения для создания отечественных моделей управления. Однако в США не используются такие модели «устойчивого управления» по отношению к чужеродным видам. Не стоит упускать из внимания, что помимо пользы для рыболовной промышленности, крабы-вселенцы в Баренцевом море могут наносить урон природным экосистемам. Стоит рассмотреть «рациональное рыболовство» не только с точки зрения поддержания высокопродуктивной популяции крабов-вселенцев, но и с учетом того, как эта популяция влияет на экосистему в целом. Нельзя не учитывать того факта, что новые виды крупных хищников не могут не влиять на местную биоту, и таким образом влиять на популяции других промысловых видов и их пищевые объекты в Баренцевом море. Рассмотрение «устойчивого рыболовства» для видов по отдельности идет в разрез с биологическими реалиями. В дополнение к этому, разделение морской

акватории на районы где разрешен промысел, и где он запрещен, рассматривается с точки зрения поддержания максимальной промысловой популяции. Стоит учитывать, что сам краб тоже может наносить урон биотопом в которых он находится, в том числе и прибрежных, где происходит пополнение популяции. Необходимо учитывать не только прирост популяции краба вселенца, но и контроль его популяции в чувствительных районах.

В целом диссертационный труд С.В. Баканева представляет собой фундаментальное исследование биологических основ эксплуатации запасов промысловых беспозвоночных в Баренцевом море. Результаты исследований представлялись на международных конференциях как в России, так и за рубежом, опубликованы в рекомендованных ВАК изданиях. Общий высокий уровень работы, значимость проблемы, научная новизна и практическое значение не вызывают сомнений, также, как и тот факт, что диссертация Баканева Сергея Викторовича «Биологические основы эксплуатации запасов промысловых беспозвоночных в Баренцевом море», представленная на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.16 - гидробиология соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям согласно п.п. 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Список опубликованных работ по теме диссертации достаточен. Автореферат соответствует диссертации и требованиям, предъявляемым к авторефератам, содержит ясное изложение всех основных положений диссертации. Считаем, что Баканев Сергей Викторович заслуживает присуждения ему искомой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.16 – гидробиология.

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном семинаре Лаборатории экологии прибрежных донных сообществ «08 сентября 2022 г.», протокол № 9. Принят единогласно.

Гебрук Андрей Викторович, заместитель директора ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, доктор биологических наук по специальности 03.00.18 - гидробиология. E-mail: agebruk@gmail.com.

Залота Анна Константиновна, старший научный сотрудник Лаборатории экологии прибрежных донных сообществ, кандидат биологических наук по специальности 03.02.10 - гидробиология. E-mail: azalota@gmail.com

Адрес организации: Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский пр., д. 36. Тел. +7 (499) 124-59-96; +7 (499) 124-61-49; E-mail: office@ocean.ru.

**Верно:**  
Зав. канцелярией ИО РАН