

Обзорная статья / Review article

УДК 303.425.4:[639.2053.4:597.553.2](282.256.341)

DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-132-143

Ограничение на вылов байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) и вероятные экологические последствия

Павел Н. Аношко, Михаил М. Макаров, Валерий И. Зоркальцев,

Наталья Н. Деникина, Елена В. Дзюба

Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия

Контактное лицо

Михаил М. Макаров, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, лаборатория междисциплинарных эколого-экономических исследований и технологий, Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук; 664009 Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278.

Тел. +7(3952)423299

Email mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1758-4458>

Формат цитирования

Аношко П.Н., Макаров М.М., Зоркальцев В.И., Деникина Н.Н., Дзюба Е.В. Ограничение на вылов байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) и вероятные экологические последствия // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 3. С. 132-143. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-132-143

Получена 6 августа 2019 г.

Прошла рецензирование 11 октября 2019 г.

Принята 15 декабря 2019 г.

Резюме

Цель. Целью работы является дискуссия по вопросу обоснованности введения ограничений на вылов байкальского омуля с прогнозом его вероятных экологических последствий.

Обсуждение. Представлены результаты анализа оценок состояния запасов байкальского омуля и причины их снижения. Показано, что традиционно используемые для обоснования общего допустимого улова биостатистический и гидроакустический методы оценки численности рыб имеют ряд недостатков и ограничений. В качестве причин снижения промысловых запасов рассмотрены неучтенный вылов и неблагоприятные природно-климатические факторы среды. Обсуждены экологические и антропогенные факторы изменения запасов этого важного для региона промыслового вида. Показана предполагаемая экологическая результативность принятых ограничений.

Заключение. Результаты моделирования изменений численности и возрастного состава рыб при разных стратегиях охраны показали, что при сохранении низкого уровня пополнения введение запрета на вылов не будет способствовать увеличению промысловых запасов байкальского омуля. Введенные ограничения на промышленный и любительский вылов значительно увеличат экологические риски: возрастание объемов браконьерского вылова, в том числе и в период нереста, а также пресса любительского рыболовства на другие ценные промысловые виды рыб.

Ключевые слова

Байкальский омуль, оценка запасов, ограничение на вылов, экологические риски, озеро Байкал.

Limits for *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) catches and likely ecological effects

Pavel N. Anoshko, Mikhail M. Makarov, Valery I. Zorkaltsev,

Natalia N. Denikina and Elena V. Dzyuba

Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

Principal contact

Mikhail M. Makarov, PhD, Senior Researcher, Laboratory of Interdisciplinary Environmental-Economic Research and Technology, Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 3 a/l 278 Ulan-Batorskaya St, Irkutsk, Russia 664009. Tel. +7(3952)423299

Email mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1758-4458>

How to cite this article

Anoshko P.N., Makarov M.M., Zorkaltsev V.I., Denikina N.N., Dzyuba E.V. Limits for *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) catches and likely ecological effects. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 3, pp. 132-143. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-132-143

Received 6 August 2019

Revised 11 October 2019

Accepted 15 December 2019

Abstract

Aim. This study aims to discuss the validity of introducing restrictions on the catch of *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) with a forecast of the likely environmental consequences of doing so.

Discussion. We show the results of the analysis of the assessment of the state of *C. migratorius* stocks and the reasons for their decline. We indicate that the biostatistical and hydroacoustical methods for estimating fish numbers, which are traditionally used to substantiate allowable catches, have some disadvantages and limitations. We consider unrecorded catches and unfavourable natural and climatic environmental factors to be reasons for the decline in *C. migratorius* stocks. We discuss ecological and anthropogenic factors of changes in stocks of this commercially important species for the region. We show the anticipated ecological effects of currently established limits.

Conclusion. The results of changes in the modelling of the number and age composition of fish with different protection strategies indicate that maintaining a low level of replenishment stock the limits would not increase commercial stocks of *C. migratorius*. Restrictions imposed on the commercial and amateur fishing would significantly increase environmental risks through increase of poaching (including during the spawning period) as well as as a consequence of amateur fishing of other commercially valuable fish species.

Key Words

Coregonus migratorius, stock assessment, catch limit, environmental risks, Lake Baikal.

ВВЕДЕНИЕ

Проблеме разработки и совершенствования подходов к регулированию рыболовства, актуальной в условиях изменяющейся окружающей среды [1-3], уделяется особое внимание во многих странах [4; 5]. Сырьевая база рыбного хозяйства имеет ряд особенностей, связанных с сезонностью промысла, подвижностью водных биологических ресурсов (ВБР), трудностью прогнозирования их запасов и определения рациональной доли изъятия без ущерба для популяции. Актуальность достоверной оценки количественных параметров состояния популяций промысловых гидробионтов вызвана увеличением антропогенного влияния на окружающую среду и необходимостью обеспечения воспроизводства биоресурсов. В организации использования рыбных ресурсов Байкала важен учет двух обстоятельств: 1) принадлежность озера к Объектам Всемирного Наследия, что обуславливает необходимость установки режима природопользования, не нарушающего устойчивого функционирования экосистемы озера; 2) потребность в развитии рыбодобывающей и рыбоперерабатывающей отрасли региона, в т.ч. с целью увеличения занятости населения Иркутской области и Республики Бурятия [6]. Необходимо также определение перспектив развития малого предпринимательства, направленного на освоение рыбных запасов с последующей глубокой переработкой [7], а также развитие спортивного рыболовства. Данные меры будут способствовать развитию туристической отрасли, позволят получать достоверную промысловую статистику и решить проблему неучтенного вылова [7]. В этих условиях для научных, контролирующих и управляющих организаций Байкальского региона возрастает значение двух проблем: 1) развития и внедрения новейших технологий мониторинга водных экосистем; 2) эффективного использования мониторинговой информации для принятия управленческих решений [6].

Принятие решения по рациональному использованию ВБР должно базироваться на основе экологического и социально-экономического анализов [8]. Организации рыбного хозяйства являются градообразующими во многих регионах страны и обеспечивают занятость населения. Особое значение это имеет для районов, где рыбный промысел является основным источником обеспечения жизнедеятельности населения. С октября 2017 г. введен запрет на промышленный и любительский вылов байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) – основного промыслового вида [9]. Целесообразность данной меры в настоящее время ставится под сомнение в связи с отсутствием достоверных научных материалов, обосновывающих ее введение и анализа экологических последствий [8]. Целью работы является дискуссия по вопросу обоснованности введения ограничений на вылов байкальского омуля с прогнозом его экологических последствий.

Основой исследования послужили материалы, обосновывающие общие допустимые уловы водных биологических ресурсов в озере Байкал (с впадающими в него реками) на 2018 год (с оценкой воздействия на окружающую среду) [10]. В материалах ОДУ представлен ретроспективный анализ состояния запаса и промысла байкальского омуля и уровня его воспроизвод-

ства, содержатся сведения о качественных и количественных изменениях характеристик орудий лова, об изменениях промышленного усилия в относительных единицах и вылове омуля относительно промыслового усилия, соотношения уловов омуля по статистическим данным и экспертным оценкам неучтенного вылова с учетом популяционной структуры. В настоящей работе был проведен дополнительный анализ материалов [10] с привлечением литературных и полученных нами данных в ходе разработки методов оценки запасов омуля с использованием гидроакустического метода. Прогноз изменений запасов в перспективе на последующие 10 лет выполнен с использованием алгоритмов имитационного моделирования и программных ресурсов Excel.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ оценок состояния запасов байкальского омуля и причин снижения его уловов

Ограничение на промышленный лов байкальского омуля было введено, как мера по восстановлению его запасов, достигших критически низкого уровня. Для обоснования общих допустимых уловов (ОДУ) байкальского омуля, традиционно использовалась оценка численности рыб, полученная биостатистическим методом с применением алгоритмов виртуально-популяционного анализа (ВПА) [10]. По результатам анализа биомасса байкальского омуля, согласно проведенным расчетам численности, в 2016 г. определена в 12,6 тыс. т., в то время, когда стабильное состояние популяции в благоприятный период оценивалось в 20-26 тыс. т. Было отмечено что состояние запасов по сравнению с 90-ми годами достигло критического уровня и находится на нижней границе принятых эталонных оценок стабильности.

В мировой практике оценки рыбных запасов приоритет отдается использованию гидроакустических методов [11-14]. Данные методы апробированы и адаптированы к условиям исследования запасов омуля в озере Байкал [6], они продолжают совершенствоваться [15-17] и остаются перспективным направлением исследований [18]. Согласно последним гидроакустическим исследованиям запасы омуля в 2011 г. составляли 32 тыс. т. при численности 360 млн. экз. [19]. В 2015 г. гидроакустическим методом получена оценка численности байкальского омуля 263 млн. экз. [20].

Биостатистический и гидроакустический методы имеют свои недостатки и ограничения использования. Биостатистическая оценка состояния запасов и расчет ОДУ выполняется с применением алгоритмов ВПА требующего высокого уровня достоверности информационного обеспечения [21]. Определены минимальные требования к составу информации: исторические ряды возрастного состава рыб в уловах, величина уловов на единицу промыслового усилия, темпы весового роста, темпы полового созревания, а также среднее по годам и возрастным группам значение коэффициента естественной смертности. Известно, что основной проблемой рационального освоения ВБР является недостоверная статистическая отчетность по уловам, орудиям лова и интенсивности промысла, которая обусловлена сокрытием уловов, предоставлением пользователями в контролирующе

организации заведомо искаженной информации [22]. Трудности учета и контроля добычи при ведении рыболовства в сложившихся социально-экономических условиях делают традиционные биостатистические методы количественной оценки рыб малопригодными [23]. Таким образом, в настоящее время использование данных промысловой статистики, основанных на недостоверной информации не корректно.

Точность определения показателей смертности остается одной из актуальных задач в сфере оценки рыбных запасов [24-26]. Известно, что естественная убыль рыб происходит под влиянием следующих причин: старость, включая смертность после нереста, воздействие хищников, паразитов, возбудителей заболеваний и др. До настоящего времени остается не обоснованной с позиций экологии вида важной составляющей ВПА – коэффициентов естественной смертности, которые были определены еще в период тотального запрета на вылов байкальского омуля в период с 1969 по 1975 гг. Естественная смертность байкальского омуля на первом году жизни определяется условиями обитания молоди в прибрежно-соровой зоне, в т.ч. выедания хищниками, заражения паразитами, заболеваниями – как основными в данный период жизненного цикла. Однако высокую смертность неполовозрелого омуля, перешедшего к обитанию в открытых водах озера до

глубин 300-400 м названными выше причинами объяснить достаточно сложно. В частности, не установлены основные факторы смертности омуля возрастных групп от 1 до 5 лет в отсутствии хищников, специализирующихся на питании этим видом. У особей старше 5 лет на первый план выходят смертность после нереста и от старости.

Основная проблема использования гидроакустических методов для учета запасов байкальского омуля заключается в неравномерности распределения и динамичности его скоплений [23]. По результатам проведенных в 2000-2003 гг. гидроакустических съемок межгодовые колебания численности рыб на акваториях рыбопромысловых районов составляли от 183 до 448 экз./га, биомассы – 26-99 кг/га или в пересчете на всю обследованную акваторию – 2,9-13,3 тыс. т. [27]. Тем не менее, после дополнительных исследований и совершенствования методики проведения акустической съемки, перспективность ее использования для оценки и мониторинга запасов байкальского омуля в целом по озеру не вызывает сомнений.

Рассмотрим ряд основных причин уменьшения уловов и снижения запасов байкальского омуля. Опубликованные статистические данные [28] свидетельствуют о значительной изменчивости официального вылова в пределах 1-9 тыс. т с 1930 до 2000 гг. (рис. 1 чит. по А.М. Мамонтову [28]).

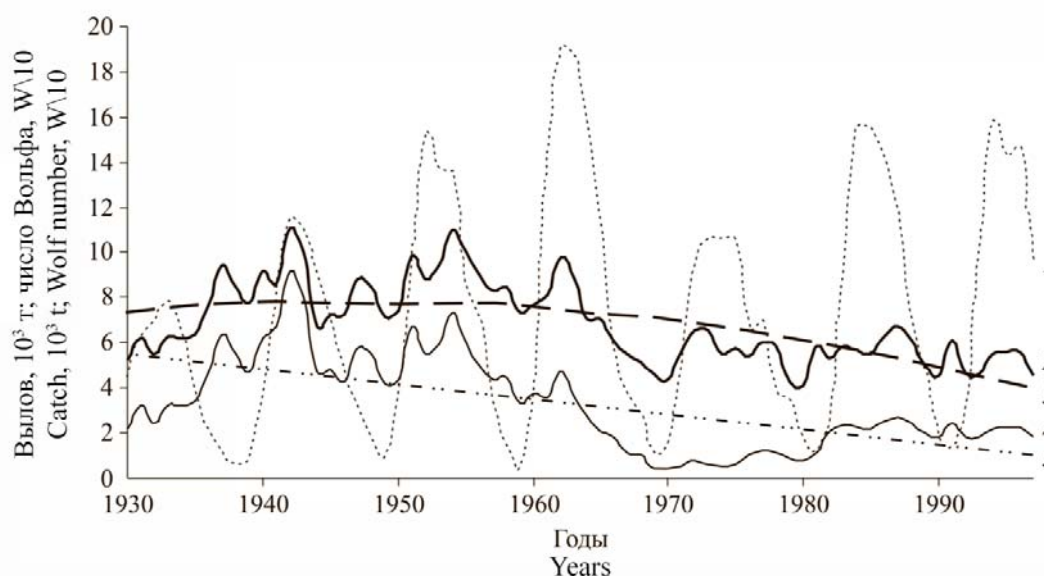


Рисунок 1. Динамика уловов байкальского омуля по учетным (статистическим и экспертным (общим)) данным и числам Вольфа (смещены на 5 лет вперед): 1 – числа Вольфа; 2 – общий вылов; 3 – линия тренда общего вылова; 4 – учетный вылов; 5 – линия тренда учетного вылова [28]

Figure 1. Dynamics of *C. migratorius* catches according to the recorded (statistical and expert [general]) data and Wolf numbers (extrapolated to five years ahead): 1 – Wolf numbers; 2 – total catch; 3 – trend line of total catch; 4 – recorded catches; 5 – trend line of recorded catches [28]

Тренд снижения уловов прослеживался до введения запрета на вылов в 1969 г. После снятия запрета вылов стабилизировался на уровне 2-3 тыс. т. Очередное снижение уловов последовало после 2003 г. и к 2007 г. они сократились практически в два раза [29], что было спрогнозировано на основе анализа возрастной структуры рыб, полученной в результате тралово-акустической

съемки 2003 г. [6]. В 2009-2013 гг. уловы вновь превысили 1 тыс. т., а 2016 г. снизились до 0,6 тыс. т. Такое снижение уловов в материалах обосновывающих ОДУ объяснялось уменьшением запасов и изменением путей миграций нагульного стада.

В качестве главной причины снижения запасов основная роль отводится неучтенному вылову, который является

дестабилизирующим фактором в сложившейся схеме регулирования режима промысла [29]. Следует отметить, что основным фактором негативного влияния на уровень воспроизводства байкальского омуля является браконьерский вылов в период нереста, например, только в р. Селенга на его долю приходится до 80% изъятия из нерестового стада [30]. Неучтенный вылов на Байкале даже по существенно различающимся экспертным оценкам всегда составлял значительную долю общего вылова (рис. 1). Так, по одним данным [28] в период с 1980 по 1990 гг. неучтенный вылов был сопоставим с официальным, а по другим [29] до 1995 г. неучтенный вылов, не превышал его четвертой части, и только со второй половины 2000-х гг. он достиг величины промышленного изъятия. Неучтенный вылов складывается из части улова, незарегистрированного рыболовными промыслами, браконьерского вылова и уловов при осуществлении любительского рыболовства. Данный вылов соответствует общему термину, охватывающему широкий спектр видов промысловой деятельности: незаконный, несообщаемый и нерегулируемый (ННН) промысел. Наряду с морским рыболовством понятие ННН-промысла вполне применимо к рыболовству на внутренних водоемах Российской Федерации. К сожалению, экспертные оценки неучтенного вылова субъективны, методы получения адекватных статистических данных не обоснованы, а сведения о доле незарегистрированного, браконьерского и любительского выловов байкальского омуля отсутствуют, что снижает достоверность экспертных оценок, вызывает сомнения в целесообразности их использования в прогностических моделях и принятии административных решений по регулированию промысла.

По официальным данным [10] промышленный вылов не претерпевал изменений. Увеличения промысловой нагрузки, которая могла бы оказать негативное воздействие на состояние запасов байкальского омуля, и соответствующих изменений в структуре популяций не отмечалось. Тем не менее, именно на промышленный лов введено ограничение, в качестве основной административной меры их восстановления. Промышленное и любительское рыболовство традиционно основывается на вылове нагульного стада, сформированного преимущественно неполовозрелыми особями. Известно, что доля половозрелых рыб составляет 5,3% от численности запаса [31]. Таким образом, большая часть эксплуатируемой промыслом популяции не участвует в воспроизводстве. В период с 1982 по 2004 гг. численность нерестового стада составляла всего 1,5-2,0% от численности общего запаса [29]. При такой структуре популяции изменение величины промысла не оказывает существенного влияния на численность нерестового стада. Следует отметить, что численность нерестового стада за период 2009-2013 гг. снизилась более чем в 2 раза при стабильных показателях вылова, вылова на единицу промыслового усилия и оценок запасов [32]. Таким образом, занижение допустимого вылова в целях сохранения высокого уровня воспроизводства необоснованно. Интенсивность промышленного лова байкальского омуля определяется его рентабельностью. В соответствии со сложившимися взглядами на концепцию перелова [33] необходимо учитывать, что он должен рассматриваться как с экономических позиций – экономический перелов, так и с экологиче-

ских – экологический перелов или перелов по полноте. Учитывая особенности обитания байкальского омуля на глубинах до 350 м на акватории более 32 тыс. км² экономический перелов с высокой степенью вероятности наступит раньше экологического, т.е. до начала его существенного влияния на воспроизводящую способность популяций. В 2016-2017 гг. было отмечено довольно существенное снижение неучтенного вылова, в т.ч. из-за переоценки окупаемости его ведения [32]. Значительные затраты на организацию промысла делают нерентабельным освоение запасов байкальского омуля в условиях их значительного снижения. В результате происходит саморегуляция уровня промышленного изъятия. Кроме того, официальный вылов существенно снизился в результате введения достаточно жестких решений по ограничению промысловой нагрузки (снижению интенсивности лова на общем фоне уменьшения запасов) [32]. В целом за последние 30 лет наблюдается тенденция увеличения линейно-весовых показателей омуля, стабилизация и даже улучшение показателей роста и созревания на фоне снижения состояния запасов [34], что может быть следствием нарушения условий воспроизводства. Именно низкое пополнение запаса, а не чрезмерный вылов является причиной негативной динамики численности омуля.

Снижение запасов, а также уменьшение промысловых уловов в значительной мере обусловлено природно-климатическими изменениями и адаптацией к ним рыб на популяционном уровне [35]. Основными лимитирующими факторами, определяющими продуктивность рыб являются: водность нерестовых рек и уровень вод озера, влияющих на эффективность естественного воспроизводства и последующее пополнение промыслового запаса; термический режим водной толщи, определяющий состояние кормовой базы и пространственное распределение рыб [7]. По данным рыбопромысловой статистики увеличение уловов наблюдалось в среднем через пять лет после периодов повышенной водности в бассейне Байкала [28]. Динамика вылова соответствует циклическим природно-климатическим изменениям, определяемым солнечной активностью (рис. 1) – сменой сухого и влажного периодов. В условиях повышенной водности рек формируются благоприятные условия для нереста и сохранения фонда отложенной икры [7]. Кроме того, высокий уровень вод снижает эффективность браконьерского вылова омуля на путях нерестовых миграций. В результате увеличения стока повышается уровень вод в озере, увеличивается площадь прибрежно-соровой зоны и ее продуктивность, создаются благоприятные условия для нагула молоди.

Миграционное поведение байкальского омуля в весенний период определяется прогревом прибрежных вод [12]; летом – поверхностных вод и их перемещением в результате ветрового воздействия. Готовые к нересту особи обитают вблизи устьев рек и не совершают значительных миграций, характерных нагульной части популяции. Низкие показатели уловов могут быть обусловлены отсутствием массовых миграций (привалов) омуля в прибрежную зону, а также изменением характерных миграций по акватории озера. Так, например, заход омулевого стада в пролив Малое Море в отдельные периоды позволял добывать до 500-700 т, в другие 100-200 т. Изменение величины уловов более чем в два раза в смежные

годы не отражает изменения в численности и биомассе запаса при характерной для омуля возрастной структуре популяции.

Прогноз экологических последствий

Для прогноза изменений численности и возрастного состава омуля при разных стратегиях его охраны на основе данных, представленных в материалах ОДУ [10] была построена имитационная модель. Модель основывается на описании изменений численности рыб каждого поколения (в результате естественной и промысловой смертности) при переходе в следующие возрастные группы с течением времени. В связи с тем, что зависимость «запас-пополнение» для байкальского омуля не очевидна, пополнение в первую возрастную группу промыслового стада в данной модели определялось исходя из результатов ВПА [10].

Результаты моделирования в перспективе на 10 лет (рис. 2) свидетельствуют о том, что при сохранении низкого уровня пополнения, запрет не приведет к уве-

личению промысловых запасов. Низкий уровень пополнения в значительной мере определяется высоким уровнем браконьерства в период нереста. В условиях эффективной борьбы с браконьерством в период нереста предполагаемое различие в запасах в периоды запрета и без него, сформированное в первые 5 лет в последующие годы нивелируется. Результаты моделирования на ближайшую перспективу определяются возрастной структурой промыслового запаса, основу которого (около 85%) составляют особи 4-8 летнего возраста. Поэтому динамика первых 5 лет определяется еще минимальным пополнением поколений появившихся еще до запретного периода. Тем не менее, сохраненная часть популяции пополнит нерестовое стадо. Их потомство даст кульминацию биомассы в возрасте 6-7 лет, а половой зрелости в 6-9 лет. Таким образом, последние этапы экологических последствий запрета можно наблюдать через 11-14 лет, когда в пополнение промыслового запаса войдут поколения 2022-2024 гг.

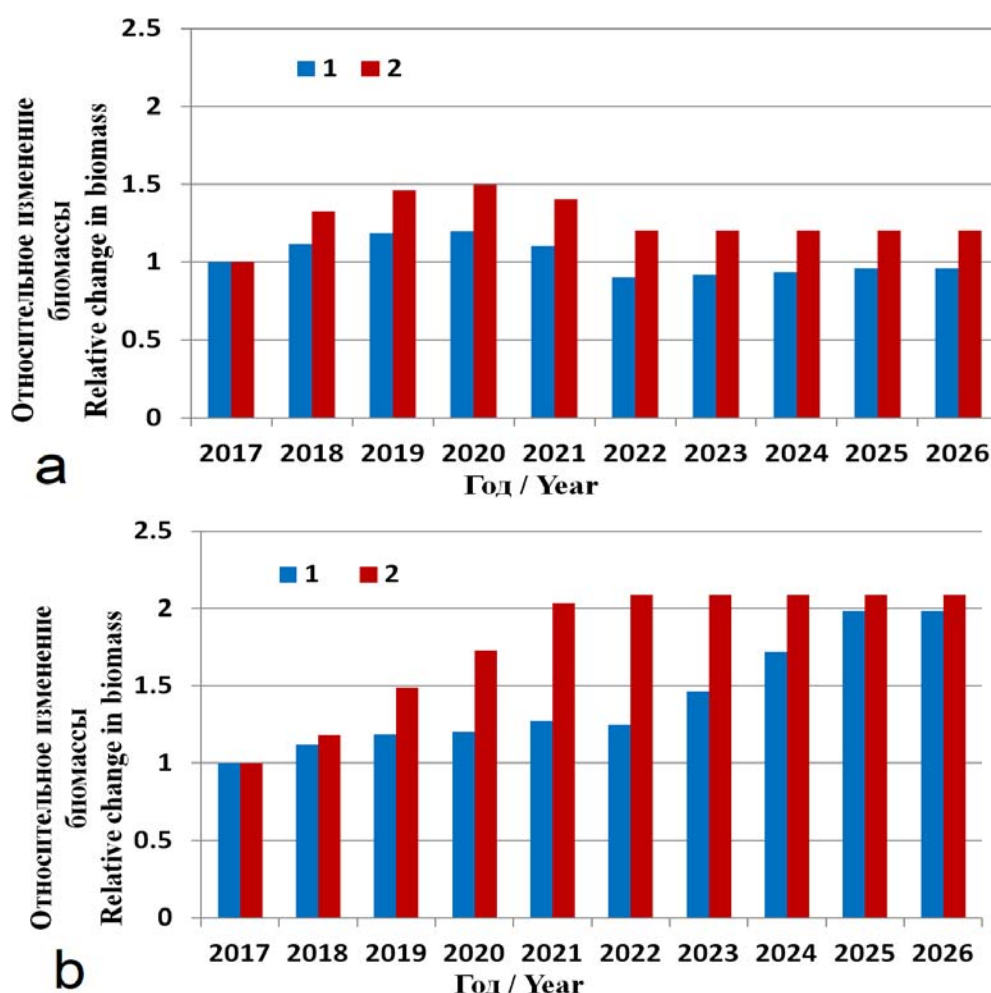


Рисунок 2. Прогноз изменения биомассы промыслового запаса байкальского омуля:

а – при сохранении высокого уровня браконьерского вылова нерестового омуля (минимальное пополнение) и б – при снижении его до минимального уровня (минимальное пополнение первые 4 года и среднее в последующие). 1 – сценарий без введения запрета, 2 – сценарий с введением запрета

Figure 2. Forecast of changes in biomass of commercial stock of *C. migratorius*: а – with a high level of poaching of spawning omul (minimum recruit-stock) and б – with reduction to minimum level (minimum replenishment stock for the first four years and average for subsequent years). 1 – scenario without ban, 2 – scenario with ban

Большая площадь акватории озера и особенности освоения прибрежных территорий существенно осложняют возможность эффективного контроля над объемами вылова байкальского омуля. Снижение квот на вылов стимулирует сокрытие уловов и браконьерство [36]. Увеличению уровня браконьерского вылова способствуют низкая занятость местного населения и резкое повышение стоимости продукции байкальского омуля в условиях запрета на промышленный лов. Практика применения идеологии ОДУ свидетельствует о несовершенстве этого подхода в качестве меры регулирования рыболовства и рационального использования промысловых запасов [36], что приводит к потере контроля над освоением рыбных запасов. Можно предположить увеличение браконьерского вылова после введения запрета, особенно в период нереста рыб, когда повышается их доступность для лова в прибрежной зоне и в реках. Кроме того, возможно увеличение пресса любительского рыболовства на другие виды ценных промысловых рыб, обитающих в прибрежной зоне – черного байкальского хариуса *Thymallus baicalensis* (Dybowski, 1874) и ленка *Brachymystax lenok* (Pallas, 1773). Следовательно, введенные ограничения на промышленный и любительский вылов байкальского омуля, не только не будут способствовать стабильности экосистемы, а напротив значительно увеличат экологические риски. Для принятия административных решений по регулированию рыболовства необходимо руководствоваться экосистемным подходом, т.е. предусматривать возможные экологические последствия для всего комплекса обитателей Байкала и в первую очередь для ценных промысловых видов рыб [37]. Необходимость реорганизации рыбохозяйственной деятельности требует принятия безотлагательных решений, предусматривающих экологический подход к использованию рыбных ресурсов с учетом структуры и функционирования экосистемы Байкала [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ограничение на промышленный лов байкальского омуля было введено, как мера по восстановлению его запасов, достигших критически низкого уровня. Анализ обоснования введения ограничений показал, что традиционно используемая оценка численности рыб биостатистическим методом из-за недостоверной статистической отчетности по уловам, орудиям лова и интенсивности промысла не позволяет получать корректные данные. Оценка численности байкальского омуля гидроакустическим методом была получена в 2015 г. и не показала катастрофического уменьшения запасов байкальского омуля. В рассматриваемый период промышленный лов осуществлялся без превышения допустимых норм вылова, а его объемы постоянно снижались в соответствии с возможностью освоения промыслового запаса. Объемы вылова были обусловлены не объемами ОДУ, а рентабельностью промышленного лова.

Основными причинами сокращения численности популяции байкальского омуля являются чрезвычайно высокий пресс браконьерства в период нереста и ряд неблагоприятных природно-климатических факторов. Борьба с браконьерством, как мера по сохранению и восстановлению запасов, по эффективности значительно превосходит ограничительные меры на про-

мышленный и любительский лов. В настоящее время необходима реорганизация рыбного хозяйства на Байкале, которая может позволить увеличить официальный вылов омуля. Учитывая вышеизложенное актуально развитие следующих направлений:

- внедрение гидроакустического метода учета запасов, как оптимального для байкальского омуля;
- проведение сравнительного анализа результатов, получаемых биостатистическим и гидроакустическим методами, расчёт реальных коэффициентов естественной смертности, определение и обоснование значений граничных и других рыбохозяйственных ориентиров для регулирования эксплуатации рыбных запасов;
- создание условий для получения достоверной информации об объемах вылова;
- отмена запрета на промышленный и любительский лов, восстановление объемов ОДУ до уровня 2017 г. и промышленных квот вылова в основном (нагульном) ареале вида – верхних слоях пелагиали глубоководных районов и в склоновой зоне с глубинами 50-250 м.
- разработка мероприятий по рыбохозяйственной мелиорации: размещение комплекса устройств, не позволяющих использовать запрещенные орудия лова на путях нерестового хода, где контроль уполномоченными органами затруднен;
- проработка вопроса о зарыблении байкальским омулем каскада Ангарских водохранилищ и пролива Малое Море оз. Байкал, а также развития аквакультуры сиговых рыб для Байкальского рыбохозяйственного бассейна.

Результаты моделирования изменений численности и возрастного состава рыб при разных стратегиях охраны показали, что при сохранении низкого уровня пополнения введение запрета на вылов не будет способствовать увеличению промысловых запасов байкальского омуля. Введенные ограничения на промышленный и любительский вылов значительно увеличат экологические риски: возрастание объемов браконьерского вылова, в том числе и в период нереста, а также пресса любительского рыболовства на другие ценные промысловые виды рыб.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в государственного задания темы № 0279-2019-0003 и при поддержке гранта РФФИ проект №190700322.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the State Project No. 0279-2019-0003 and Russian Foundation for Basic Research (RFBR) project No. 190700322.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Anneville O., Lasne E., Guillard J., Eckmann R., Stockwell J.D., Gillet C., Yule D.L. Impact of fishing and stocking practices on Coregonid diversity // Food and Nutrition Sciences. 2015. V. 6. N11. P. 1045-1055. DOI: 10.4236/fns.2015.611108
2. DeVanna Fussell K.M., Smith R.E.H., Fraker M.E., Boegman L., Frank K.T., Miller T.J., Tyson J.T., Arend K.K., Boisclair D., Guildford S.J., Hecky R.E., Höök T.O., Jensen

- O.P., Llopiz J.K., May C.J., Najjar R.G., Rudstam L.G., Taggart C.T., Rao Y.R., Ludsin S.A. A perspective on needed research, modeling, and management approaches that can enhance Great Lakes fisheries management under changing ecosystem conditions // *Journal of Great Lakes Research*. 2016. V. 42. Iss. 4. P. 743-752. DOI: 10.1016/j.jglr.2016.04.007
3. Zhang F., Reid K.B., Nudds T.D. Effects of walleye predation on variation in the stock-recruitment relationship of Lake Erie yellow perch // *Journal of Great Lakes Research*. 2018. V. 44. Iss. 4. P. 805-807. DOI: 10.1016/j.jglr.2018.05.007
4. Marchal P., Andersen J.L., Aranda M., Fitzpatrick M., Goti L., Guyader O., Haraldsson G., Hatcher A., Hegland T.J., Le Floch P., Macher C., Malvarosa L., Maravelias C.D., Mardle S., Murillas A., Nielsen J.R., Sabatella R., Smith A.D.M., Stokes K., Thøgersen T., Ulrich C. A comparative review of fisheries management experiences in the European Union and in other countries worldwide: Iceland, Australia, and New Zealand // *Fish and Fisheries*. 2016. V. 17. Iss. 3. P. 803-824. DOI: 10.1111/faf.12147
5. Jayasinghe R.P.K., Amarasinghe U.S., Newton A. Evaluation of status of commercial fish stocks in European marine subareas using mean trophic levels of fish landings and spawning stock biomass // *Ocean and Coastal Management*. 2017. V. 143. P. 154-163. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2016.07.002
6. Мельник Н.Г., Смирнова-Залуми Н.С., Смирнов В.В., Мамонтов А.М., Аношко П.Н., Агафонников В.А., Астафьев С.Э., Бондаренко В.М., Варнавский А.В., Гончаров С.М., Гранин Н.Г., Дзюба Е.В., Дегтев А.И., Дегтярев В.А., Кучер К.М., Коцарь О.В., Макаров М.М., Мизюркин М.А., Небесных И.Н., Попов С.Б., Раскин А.С., Смирнова О.Г., Смолин И.А., Соколов А.В., Сорокинов А.В., Теслер В.Д., Тягун М.Л., Толстикова Л.И., Ханаев И.В., Ченский А.Г., Шерстянкин П.П., Яхненко В.М., Якуп М.А., Рудстам Л., Гийар Ж., Кудрявцев В.И. Гидроакустический учет ресурсов байкальского омуля. Новосибирск: Наука, 2009. 244 с.
7. Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С., Суханова Л.В., Благодетелев А.И. О мерах по сохранению ресурсов байкальского омуля *Coregonus migratorius* // *Вестник рыбохозяйственной науки*. 2015. Т. 2. N 4. С. 42-48.
8. Суходолов А.П., Федотов А.П., Макаров М.М., Аношко П.Н., Губий Е.В., Зоркальцев В.И., Сорокина П.Г., Мокрый И.В., Лебедева А.В. Математическое моделирование оценки численности байкальского омуля в системе социально-экономических и правовых аспектов экологической правонарушаемости // *Всероссийский криминологический журнал*. 2019. Т. 13. N 5. С. 757-771. DOI: 10.17150/2500-4255.2019.13(5).757-771
9. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 7 ноября 2014 г. N 435 «Об утверждении правил рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна». URL: <http://base.garant.ru/70818098/>. (дата обращения: 15.01.2020)
10. Петерфельд В.А. Материалы, обосновывающие общие допустимые уловы водных биологических ресурсов в озере Байкал (с впадающими в него реками) на 2018 г. (с оценкой воздействия на окружающую среду) (для общественных слушаний). 2017. URL: <http://ольхонский-район.рф/tinybrowser/files/novosti/odu-na-2018-god-dlya-obschestvennyh-slushaniy.pdf> (дата обращения: 15.01.2020).
11. Rudstam L.G., Parker-Stetter S.L., Sullivan P.J., Warner D.M. Towards a standard operating procedure for fishery acoustic surveys in the Laurentian Great Lakes, North America // *ICES Journal of Marine Science*. 2009. V. 66. Iss. 6. P. 1391-1397. DOI: 10.1093/icesjms/fsp014
12. Абдурахманов Г.М., Зыков Л.А., Сокольский А.Ф., Попов Н.Н., Куанышева Г.А., Сокольская Е.А. История и результаты гидроакустических исследований на Северном Каспии // *Юг России: экология, развитие*. 2015. Т. 10. N 4. С. 8-23. DOI: 10.18470/1992-1098-2015-4-8-23
13. Draštik V., Godlewska M., Balk H., Clabburn P., Ku-bečka J., Morrissey E., Hateley J., Winfield I.J., Mrkvička T., Guillard J. Fish hydroacoustic survey standardization: a step forward based on comparisons of methods and systems from vertical surveys of a large deep lake // *Limnology and Oceanography: Methods*. 2017. V. 15. Iss. 10. P. 836-846. DOI: 10.1002/lom3.10202
14. Mouget A., Goulon C., Axenrot T., Balk H., Lebourges-Dhaussy A., Godlewska M., Guillard J. Including 38 kHz in the standardization protocol for hydroacoustic fish surveys in temperate lakes // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2019. Vol. 5. Iss. 4. P. 1-14. DOI: 10.1002/rse2.112
15. Кирильчик С.В., Макаров М.М., Аношко П.Н., Астахова М.С., Смолин И.Н., Дзюба Е.В. Апробация метода количественного анализа ДНК окружающей среды для оценки запасов и мониторинга популяций байкальского омуля // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. N 6. С. 98-102. DOI: 10.17513/mjpf.12300
16. Макаров М.М., Дегтев А.И., Ханаев И.В., Кучер К.М., Смолин И.Н., Небесных И.А., Аношко П.Н., Дзюба Е.В. Экспериментальные исследования по измерению силы цели байкальского омуля на частоте 200 кГц // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. N 2. С. 142-146. DOI: 10.17513/mjpf.12124
17. Anoshko P.N., Makarov M.M., Smolin I.N., Dzyuba E.V. The results of the first hydroacoustic studies of the winter distribution of *Coregonus migratorius* in Lake Baikal // *Limnology and Freshwater Biology*. 2019. N 3. P. 232-235. DOI: 10.31951/2658-3518-2019-A-3-232
18. Dzyuba E.V., Bogdanov B.E., Sapozhnikova Yu.P., Sukhanova L.V., Anoshko P.N., Khanaev I.V., Kirilchik S.V. Promising ichthyologic studies in Lake Baikal: fundamental and applied aspects // *Limnology and Freshwater Biology*. 2018. Iss. 1. P. 28-31. DOI: 10.31951/2658-3518-2018-A-1-28
19. Макаров М.М., Дегтев А.И., Кучер К.М., Мамонтов А.М., Небесных И. А., Ханаев И. В., Дзюба Е.В. Оценка численности и биомассы байкальского омуля тралово-акустическим методом // *Доклады академии наук*. 2012. Т. 447. N 3. С. 343-346. DOI: 10.1134/S0012496612060051
20. Дегтев А.И., Макаров М.М., Кучер К.М., Смолин И.Н., Мамонтов А.М., Дзюба Е.В. Количественная оценка численности байкальского омуля по данным гидроакустической съемки 2015 года // *Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2015 году»*. Иркутск. 2016. С. 281-282.
21. Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Ильин О.И., Ковалев Ю.А., Михайлов А.И., Михеев

- А.А., Петухова Н.Г., Сафаралиев И.А., Четыркин А.А., Шереметьев А.Д. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО. 2018. 312 с.
22. Литвиненко А.И., Матковский А.К., Крохалевский В.Р., Янкова Н.В., Капустина Я.А., Ростовцев А.А., Веснина Л.В., Скворцов В.Н., Петерфельд В.А., Сивцева Л.Н. Современное состояние ресурсов промысловых ВБР западной и восточной Сибири и проблемы их рационального использования // Материалы первой научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения проф. В.А. Моисеева «Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов», Звенигород, 15-19 апреля, 2013. С. 193-215.
23. Дегтев А.И. Результаты гидроакустических исследований по количественной оценке рыбных ресурсов озера Байкал с использованием комплекса АСКОР-2 // Материалы Второго международного симпозиума «Экологически эквивалентные и экзотические виды гидробионтов великих и больших озер мира», Улан-Удэ, 27-31 августа, 2002. С. 3-6.
24. Ellis T.A., Hightower J.E., Buckel J.A. Relative importance of fishing and natural mortality for spotted sea-trout (*Cynoscion nebulosus*) estimated from a tag-return model and corroborated with survey data // Fisheries Research. 2018. V. 199. P. 81-93. DOI: 10.1016/j.fishres.2017.11.004
25. Burton M.L., Potts J.C., Ostrowski A.D., Shertzer K.W. Age, growth, and natural mortality of Graysby, *Cephalophilis cruentata*, from the Southeastern United States // Fishes. 2019. V. 4. Iss. 36. P. 1-14. DOI: 10.3390/fishes4030036
26. Block B.A., Whitlock R., Schallert R.J., Wilson S., Stokesbury M.J.W., Castleton M., Boustany A. Estimating natural mortality of Atlantic Bluefin Tuna using acoustic telemetry // Scientific Reports. 2019. V. 9. P. 1-14. DOI: 10.1038/s41598-019-40065-z
27. Кудрявцев В.И., Дегтев А.И., Соколов А.В. Об особенностях количественной оценки состояния запасов байкальского омуля гидроакустическим методом // Рыбное хозяйство. 2005. N 3. С. 66-69.
28. Мамонтов А.М. Оценка общих уловов в озере Байкал // География и природные ресурсы. 2009. N 1. С. 75-80.
29. Соколов А.В., Петерфельд В.А. Методические аспекты рыбохозяйственного мониторинга состояния запасов омуля озера Байкал // Известия КТГУ. 2011. N 22. С. 182-189.
30. Базов А.В., Базова Н.В. Селенгинская популяция байкальского омуля: прошлое, настоящее, будущее. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 2016. 352 с.
31. Майстренко С.Г., Майстренко М.А. Биология и структурные особенности искусственно воспроизводимого стада посольского омуля // Рыбное хозяйство. 2007. N 5. С. 94-99.
32. Соколов А.В., Петерфельд В.А. О причинах введения запрета на промысловый лов омуля (*Coregonus autumnalis migratorius*, Georgi) озера Байкал в современный период // Материалы VI Международного Балтийского морского форума, Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, 3-6 сентября, 2018. С. 158-164.
33. Шибаяев С.В. Формальная теория жизни рыб Ф.И. Баранова и её значение в развитии рыбохозяйственной науки // Труды ВНИРО. 2015. Т. 157. С. 127-142.
34. Мамонтов А.М., Дзюба Е.В. Материалы по биологическому состоянию байкальского омуля в современный период // Материалы докладов II Всероссийской конференции с международным участием «Современное состояние биоресурсов внутренних вод», М.: Полиграф-Плюс. 2014. Т. 2. С. 366-372.
35. Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V. Fishery management of omul (*Coregonus autumnalis migratorius*) as part of the conservation of ichthyofauna diversity in Lake Baikal // Polish Journal of Natural Sciences. 2012. V. 27. Iss. 2. P. 203-214.
36. Матковский А.К., Крохалевский В.Р. Регулирование промысла сиговых рыб с помощью ОДУ. Проблемы и пути их решения // Материалы Восьмого Международного научно-производственного совещания «Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб», Тюмень ФГУП «Госрыбцентр», 27-28 ноября, 2013. С. 140-146.
37. Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С., Суханова Л.В. Экологическое разнообразие и вопросы рационального использования рыбных ресурсов Байкала // Вода: химия и экология. 2015. N 12. С. 148-156.

REFERENCES

- Anneville O., Lasne E., Guillard J., Eckmann R., Stockwell J.D., Gillet C., Yule D.L. Impact of fishing and stocking practices on Coregonid diversity. *Food and Nutrition Sciences*, 2015, vol. 6, no. 11, pp. 1045-1055. DOI: 10.4236/fns.2015.611108
- DeVanna Fussell K.M., Smith R.E.H., Fraker M.E., Boegman L., Frank K.T., Miller T.J., Tyson J.T., Arend K.K., Boisclair D., Guildford S.J., Hecky R.E., Höök T.O., Jensen O.P., Llopiz J.K., May C.J., Najjar R.G., Rudstam L.G., Taggart C.T., Rao Y.R., Ludsin S.A. A perspective on needed research, modeling, and management approaches that can enhance Great Lakes fisheries management under changing ecosystem conditions. *Journal of Great Lakes Research*, 2016, vol. 42, iss. 4, pp. 743-752. DOI: 10.1016/j.jglr.2016.04.007
- Zhang F., Reid K.B., Nudds T.D. Effects of walleye predation on variation in the stock-recruitment relationship of Lake Erie yellow perch. *Journal of Great Lakes Research*, 2018, vol. 44, iss. 4, pp. 805-807. DOI: 10.1016/j.jglr.2018.05.007
- Marchal P., Andersen J.L., Aranda M., Fitzpatrick M., Goti L., Guyader O., Haraldsson G., Hatcher A., Hegland T.J., Le Floch P., Macher C., Malvarosa L., Maravelias C.D., Mardle S., Murillas A., Nielsen J.R., Sabatella R., Smith A.D.M., Stokes K., Thøgersen T., Ulrich C. A comparative review of fisheries management experiences in the European Union and in other countries worldwide: Iceland, Australia, and New Zealand. *Fish and Fisheries*, 2016, vol. 17, no. 3, pp. 803-824. DOI: 10.1111/faf.12147
- Jayasinghe R.P.P.K., Amarasinghe U.S., Newton A. Evaluation of status of commercial fish stocks in European marine subareas using mean trophic levels of fish landings and spawning stock biomass. *Ocean and Coastal Management*, 2017, vol. 143, pp. 154-163. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2016.07.002

6. Melnik N.G., Smirnova-Zalumi N.S., Smirnov V.V., Mamontov A.M., Anoshko P.N., Agafonnikov V.A., Astafiev S.E., Bondarenko V.M., Varnavsky A.V., Goncharov S.M., Granin N.G., Dzyuba E.V., Degtev A.I., Degtyarev V.A., Kucher K.M., Kotsar O.V., Makarov M.M., Mizyurkin M.A., Nebesnykh I.N., Popov S.B., Raskin A.S., Smirnova O.G., Smolin I.A., Sokolov A.V., Sorokovikov A.V., Tesler V.D., Tyagun M.L., Tolstikova L.I., Khanaev I.V., Chensky A.G., Sherstyankin P.P., Yakhnenko V.M., Yakup M.A., Rudstam L., Gillard J., Kudryavtsev V.I. *Gidroakusticheskii uchet resursov baikal'skogo omulya* [Hydroacoustic surveys of Baikal omul]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009, 244 p. (In Russian)
7. Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V., Blagodetelev A.I. Measures to preserve the stocks of the Baikal omul *Coregonus migratorius*. *Vestnik rybokhozyaystvennoy nauki* [The Bulletin of Fisheries Science]. 2015, no. 4, pp. 42-48. (In Russian)
8. Sukhodolov A.P., Fedotov A.P., Makarov M.M., Anoshko P.N., Gubiy E.V., Zorkaltsev V.I., Sorokina P.G., Mokry I.V., Lebedeva A.V. Mathematical modeling of assessing the number of Baikal Omul in the system of socio-economic and legal aspects of environmental law violations. *Russian Journal of Criminology*, 2019, vol. 13, no. 5, pp. 757-771. (In Russian) DOI: 10.17150/2500-4255.2019.13(5).757-771
9. *Prikaz Ministerstva sel'skogo khozyaystva RF ot 7 noyabrya 2014 g. N 435 «Ob utverzhdenii pravil rybolovstva dlya Baykal'skogo rybokhozyaystvennogo basseyna»* [Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of November 7, 2014 N 435 «On approval of fishing rules for the Baikal fishery basin»]. Available at: <http://base.garant.ru/70818098/>. (accessed 15.01.2020). (In Russian)
10. Peterfeld V.A. *Materialy, obosnovyayushchiye obshchiye dopustimyye ulovy vodnykh biologicheskikh resursov v ozere Baykal (s vpadayushchimi v nego rekami) na 2018 g. (s otsenкой vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu) (dlya obshchestvennykh slushaniy)* [Materials substantiating the total allowable catches of aquatic biological resources in Lake Baikal (with its inflowing rivers) in 2018 (with environmental impact assessment) (for public hearings)]. Available at: <http://ольхонский-район.рф/tinybrowser/files/novosti/odu-na-2018-god-dlya-obschestvennykh-slushaniy.pdf> (accessed 15.01.2020). (In Russian)
11. Rudstam L.G., Parker-Stetter S.L., Sullivan P.J., Warner D.M. Towards a standard operating procedure for fishery acoustic surveys in the Laurentian Great Lakes, North America. *ICES Journal of Marine Science*, 2009, vol. 66, iss. 6, pp. 1391-1397. DOI: 10.1093/icesjms/fsp014
12. Abdurakhmanov G.M., Zykov L.A., Sokolsky A.F., Popov N.N., Kuanysheva G.A., Sokolskaya E.A. History and results of hydroacoustic researches in the Northern Caspian. *South of Russia: ecology, development*, 2015, vol. 10, no. 4, pp. 8-23. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2015-4-8-23
13. Draštik V., Godlewska M., Balk H., Claburn P., Kuřečka J., Morrissey E., Hateley J., Winfield I.J., Mrkvička T., Guillard J. Fish hydroacoustic survey standardization: a step forward based on comparisons of methods and systems from vertical surveys of a large deep lake. *Limnology and Oceanography: Methods*, 2017, vol. 15, iss. 10, pp. 836-846. DOI: 10.1002/lom3.10202
14. Mouget A., Goulon C., Axenrot T., Balk H., Lebourges-Dhaussy A., Godlewska M., Guillard J. Including 38 kHz in the standardization protocol for hydroacoustic fish surveys in temperate lakes. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, vol. 5, iss. 4, pp. 1-14. DOI: 10.1002/rse2.112
15. Kirilchik S.V., Makarov M.M., Anoshko P.N., Astakhova M.S., Smolin I.N., Dzyuba E.V. Testing method quantitative edna analysis for stock assessment and monitoring of baikal omul populations. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2018, no. 6, pp. 98-102. (In Russian) DOI: 10.17513 / mjpfi.12300
16. Makarov M.M., Degtev A.I., Khanaev I.V., Kucher K.M., Smolin I.N., Nebeshykh I.A., Anoshko P.N., Dzyuba E.V. Experimental studies for measuring the target strength of the baikalian omul at the frequency of 200 kHz. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2018, no. 2, pp. 142-146. (In Russian) DOI: 10.17513 / mjpfi.12124
17. Anoshko P.N., Makarov M.M., Smolin I.N., Dzyuba E.V. The results of the first hydroacoustic studies of the winter distribution of *Coregonus migratorius* in Lake Baikal. *Limnology and Freshwater Biology*, 2019, no. 3, pp. 232-235. DOI: 10.31951/2658-3518-2019-A-3-232
18. Dzyuba E.V., Bogdanov B.E., Sapozhnikova Yu.P., Sukhanova L.V., Anoshko P.N., Khanaev I.V., Kirilchik S.V. Promising ichthyologic studies in Lake Baikal: fundamental and applied aspects. *Limnology and Freshwater Biology*, 2018, no. 1, pp. 28-31. DOI: 10.31951/2658-3518-2018-A-1-28
19. Makarov M.M., Degtev A.I., Kucher K.M., Mamontov A.M., Nebesnykh I.A., Khanaev I.V., Dzyuba E.V. Estimation of the abundance and biomass of the Baikalian omul by means of trawl-acoustic survey. *Doklady akademii nauk*, 2012, vol. 447, no. 1, pp. 363-366. (In Russian) DOI: 10.1134/S0012496612060051
20. Degtev A.I., Makarov M.M., Kucher K.M., Smolin I.N., Mamontov A.M., Dzyuba E.V. Quantitative assessment of the Baikal omul abundance according to the 2015 hydroacoustic survey data. In: *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Irkutskoy oblasti v 2015 godu»* [State report "On the state and environment protection of the Irkutsk region in 2015"]. Irkutsk, 2016, pp. 281-282. (In Russian)
21. Babayan V.K., Bobyrev A.E., Bulgakova T.I., Vasilyev D.A., Ilyin O.I., Kovalev Yu.A., Mikhailov A.I., Mikheev A.A., Petukhova N.G., Safaraliev I.A., Chetyrkin A.A., Sheremetev A.D. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke zapasov prioritetnykh vidov vodnykh biologicheskikh resursov* [Guidelines for the assessment of stocks of priority species of aquatic biological resources]. Moscow, VNIRO Publ., 2018, 312 p. (In Russian)
22. Litvinenko A.I., Matkovsky A.K., Krokhalevsky V.R., Yankova N.V., Kapustina Ya.A., Rostovtsev A.A., Vesnina L.V., Skvortsov V.N., Peterfeld V.A., Sivtseva L.N. *Sovremennoe sostoyanie resursov promyslovnykh VBR zapadnoi i vostochnoi Sibiri i problemy ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya* [The current state of the stocks of commercial aquatic biological resources in West and East Siberia and the problems of their rational use]. *Materialy pervoy nauchnoy shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov po rybnomu khozyaystvu i ekologii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. V.A. Moiseyeva «Aktual'nyye voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh biologicheskikh resursov»*, Zvenigorod, 15-19 aprelya, 2013 [Proceedings of the first scientific school for young scientists and specialists in fisheries and

ecology dedicated to the 100th anniversary of the birth of prof. V.A. Moiseyev, "Current issues of the rational use of aquatic biological resources", Zvenigorod, 15-19 April, 2013]. Zvenigorod, 2013, pp. 193-215. (In Russian)

23. Degtev A.I. Rezul'taty gidroakusticheskikh issledovaniy po kolichestvennoi otsenke rybnokh resursov ozera Baikal s ispol'zovaniem kompleksa ASKOR-2 [Results of hydroacoustic studies on quantitative assessment of fish stocks in Lake Baikal using the ASKOR-2 complex]. *Materialy Vtorogo mezhdunarodnogo simpoziuma «Ekologicheskiy ekvivalentnyye i ekzoticheskiye vidy gidrobiontov velikikh i bol'shikh ozer mira»*, Ulan-Ude, 27-31 avgusta, 2002 [Proceedings of the Second International Symposium «Ecologically equivalent and exotic species of hydrobionts of the great and large lakes of the world», Ulan-Ude, 27-31 August, 2002]. Ulan-Ude, 2002, pp. 3-6. (In Russian)

24. Ellis T.A., Hightower J.E., Buckel J.A. Relative importance of fishing and natural mortality for spotted sea-trout (*Cynoscion nebulosus*) estimated from a tag-return model and corroborated with survey data. *Fisheries Research*, 2018, vol. 199, pp. 81-93. DOI: 10.1016/j.fishres.2017.11.004

25. Burton M.L., Potts J.C., Ostrowski A.D., Shertzer K.W. Age, growth, and natural mortality of Graysby, *Cephalophilus cruentata*, from the Southeastern United States. *Fishes*, 2019, vol. 4, no. 36, pp. 1-14. DOI: 10.3390/fishes4030036

26. Block B.A., Whitlock R., Schallert R.J., Wilson S., Stokesbury M.J.W., Castleton M., Boustany A. Estimating natural mortality of Atlantic Bluefin Tuna using acoustic telemetry. *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, pp. 1-14. DOI: 10.1038/s41598-019-40065-z

27. Kudryavtsev V.I., Dyogtev A.I., Sokolov A.V. About peculiarities of quantitative assessment of Baikal omul stock by hydroacoustic method. *Rybnoye khozyaystvo* [Fisheries]. 2005, no. 3, pp. 66-69. (In Russian)

28. Mamontov A.M. Assessing the total omul catches in Lake Baikal. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources]. 2009, no. 1, pp. 75-80. (In Russian)

29. Sokolov A.V., Peterfeld V.A. Methodological aspects of fishery monitoring of omul stocks of the Lake Baikal. *Bulletin of KTGU* [KSTU News]. 2011, no. 22, pp. 182-189. (In Russian)

30. Bazov A.V., Bazova N.V. *Selenginskaya populyatsiya baikal'skogo omulya: proshloe, nastoyashchee, budushchee* [The Selenga population of the Baikal omul: past, present and future]. Ulan-Ude, BNC SB RAS Publ., 2016, 352 p. (In Russian)

31. Maistrenko S.G., Maistrenko M.A. Biology and structure peculiarities of artificially reproduced stock of Posolsk strain of arctic cisco. *Rybnoye khozyaystvo* [Fisheries]. 2007, no. 5, pp. 94-99. (In Russian)

32. Sokolov A.V., Peterfeld V.A. O prichinakh vvedeniya zapreta na promyslovyy lov omulya (*Coregonus autumnalis migratorius*, Georgi) ozera Baikal v sovremennyy period [About the reasons of a ban on commercial fishing of omul (*Coregonus autumnalis migratorius*, Georgi) in Lake Baikal in the modern period]. *Materialy VI Mezhdunarodnogo Baltiiskogo morskogo foruma, Kaliningrad, 7-12 oktyabrya 2019* [VII Baltic Maritime Forum. Kaliningrad, 7-12 October, 2019]. Kaliningrad, 2019, pp. 158-164. (In Russian)

33. Shibaev S.V. The formal theory of fish life F.I. Baranova and its importance in the development of fisheries science. In: *Trudy VNIRO* [Trudy VNIRO]. 2015, vol. 157, no. 157, pp. 127-142. (In Russian)

34. Mamontov A.M., Dzyuba E.V. Materialy po biologicheskomu sostoyaniyu baikal'skogo omulya v sovremennyy period [Materials on the biological state of Baikal omul in the modern period]. *Materialy dokladov II Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Sovremennoye sostoyaniye bioresursov vnutrennykh vod»*, Moskva, 2014 [Materials of reports of the II All-Russian Conference with International Participation «The Current State of Inland Water Bioresources», Moscow, 2014], Moscow, 2014, vol. 2, pp. 366-372. (In Russian)

35. Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V. Fishery management of omul (*Coregonus autumnalis migratorius*) as part of the conservation of ichthyofauna diversity in Lake Baikal. *Polish Journal of Natural Sciences*. 2012, vol. 27, no. 2, pp. 203-214.

36. Matkovsky A.K., Krokhaevsky V.R. [Regulation of the whitefish fishery using an total allowable catch. Problems and ways to solve them]. *Materialy Vos'mogo Mezhdunarodnogo nauchno-proizvodstvennogo soveshchaniya «Biologiya, biotekhnika razvedeniya i sostoyaniye zapasov sigovykh ryb»*, Tyumen, 27-28 Noyabrya, 2013 [Materials of the Eighth International Science and Production Meeting] "Biology, biotechnology of breeding and the state of whitefish stocks", Tyumen, 27-28 November, 2013]. Tyumen, 2013, pp. 140-146. (In Russian)

37. Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V. The ecological diversity and issues of rational use of fish resources of Lake Baikal. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. 2015, no. 12, pp. 148-156. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Павел Н. Аношко и Елена В. Дзюба руководили постановкой цели исследования, анализировали материалы, подготавливали рукопись статьи. Михаил М. Макаров, Валерий И. Зоркальцев и Наталья Н. Деникина участвовали в обсуждении и написании рукописи статьи. Все авторы в равной степени участвовали в этой работе. Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Pavel N. Anoshko and Elena V. Dzyuba formulated the aim of the study, analysed the materials and prepared the manuscript. Mikhail M. Makarov, Valery I. Zorkaltsev and Natalia N. Denikina participated in discussion and preparation of the manuscript. All authors have been equally involved in this research. All authors are equally responsible for the manuscript and for plagiarism and self-plagiarism and other ethical violations.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Павел Н. Аношко / Pavel N. Anoshko <https://orcid.org/0000-0001-9506-4135>

Михаил М. Макаров / Mikhail M. Makarov <https://orcid.org/0000-0002-1758-4458>

Валерий И. Зоркальцев / Valery I. Zorkaltsev <https://orcid.org/0000-0002-3704-8759>

Наталья Н. Деникина / Natalia N. Denikina <https://orcid.org/0000-0002-3952-3277>

Елена В. Дзюба / Elena V. Dzyuba <https://orcid.org/0000-0002-0769-694X>