

Акустико-траловые исследования байкальского омуля на Селенгинском мелководье озера Байкал 2023 г.

Аношко П.Н., Дзюба Е.В. *, Кучер К.М., Небесных И.А., Смолин И.Н., Ханаев И.В., Макаров М.М.

Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск, 664033, Россия

АННОТАЦИЯ. Исследование особенностей распределения скоплений и размерно-возрастной структуры нагульного стада байкальского омуля в Селенгинском мелководье оз. Байкал проведено с использованием гидроакустического метода в сочетании с контрольными тралениями. Сравнительный анализ результатов 2023 г. с данными 2015-2022 гг. показал, значительные изменения общего характера распределения скоплений байкальского омуля по акватории и глубинам. Стандартная длина рыб из разных частей мелководья находилась в диапазоне от 10 до 39 см, с выборочной медианой 17 см. По весу доминировали особи длиной 18-26 см. Представлено уравнение «длина-возраст», позволяющее провести оперативную оценку соотношения численности возрастных классов на основании вероятности отнесения к ним особей определенной длины. Показано, что основу биомассы нагульного стада в Селенгинском промысловом районе составляют рыбы в возрасте 3-5 лет. Значительная доля молодых особей свидетельствует о наличии пополнения, достаточного для увеличения биомассы запаса байкальского омуля в перспективе до 5 лет.

Ключевые слова: *Coregonus migratorius*, гидроакустический метод, контрольные траления, размерно-возрастной состав, соотношение «длина-возраст», оценка запасов, озеро Байкал

1. Введение

Байкальский омуль *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) обитает преимущественно до глубин 350 м. Наибольшие скопления рыб формируются в районе подводного склона в зимний период, в прибрежном районе в период весенне-летнего и открытой пелагиали в период летне-осеннего прогрева вод. Селенгинское мелководье, прилегающее к дельте р. Селенга, является одним из основных рыбопромысловых районов на озере Байкал, где по оценкам, полученным в результате гидроакустических исследований (Мельник и др., 2009) сосредоточена значительная часть (до 50% и более) общих запасов данного вида, что обусловлено наличием обширных площадей мелководной зоны с глубинами благоприятными для его обитания. Площади с глубинами до 300 м в условиях Байкала традиционно считают «мелководьем» в отличие от глубоководной части с глубинами до 1600 м. Здесь формируется основа промыслового запаса селенгинской и посольской

популяций, нерест которых происходит в р. Селенге, а также реках Посольского сора, соответственно. Селенгинская популяция байкальского омуля активно мигрирует по акватории южной и средней котловин озера, в отдельные годы наблюдаются ее массовые заходы в пролив Малое Море. Ее запасы интенсивно осваиваются как промышленным, так и любительским рыболовством. Посольская популяция байкальского омуля распределяется преимущественно на больших глубинах. Основу промысла данной популяции до недавнего времени составляли особи в период формирования нерестовых косяков и нерестовой миграции. Значительная доля посольского омуля вылавливается в целях искусственного воспроизводства, определяя его динамику его запасов. В последнее время рыбаки любители освоили его вылов в нагульный период до глубин 200 м.

Проблеме разработки и совершенствования подходов к регулированию рыболовства в условиях изменяющейся окружающей среды (Anneville et

*Corresponding author.

E-mail address: e.dzuba@lin.irk.ru (Е.В. Дзюба)

Поступила: 12 августа 2023; **Принята:** 23 августа 2023;
Опубликована online: 25 августа 2023

© Автор(ы) 2023. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



al., 2015; DeVanna et al., 2016; Zhang et al., 2018) уделяется особое внимание во многих странах (Marchal et al., 2016; Jayasinghe et al., 2017). Актуальность достоверной оценки количественных параметров состояния популяций промысловых гидробионтов вызвана увеличением антропогенного влияния на окружающую среду и необходимостью обеспечения восстановления биоресурсов. Предприятия рыбного хозяйства, обеспечивающие занятость населения, являются градообразующими во многих регионах страны. Особое значение это имеет для регионов, где рыбный промысел является основным источником обеспечения жизнедеятельности населения. С октября 2017 г. введен запрет на промышленный и любительский вылов байкальского омуля – основного промыслового вида оз. Байкал (Приказ ..., 2014). На фоне депрессии запасов байкальского омуля и введения ограничений на его вылов, объем научно-исследовательских работ посвященной этой проблеме явно недостаточен. В условиях климатических изменений миграционное поведение рыб значительно трансформировалось, что вероятно обусловлено сложившимся адаптивными механизмами. Смена поведенческого паттерна происходила периодически в прошлом, например, изменения «привалов» байкальского омуля в проливе Малое море – основном рыбопромысловом районе оз. Байкал на территории Иркутской области. Зависимость миграций рыб от климатических условий в настоящее время не вызывает сомнений (Smirnov et al., 2012; Смирнов и др., 2013), однако требует более детальных исследований. Гидроакустические исследования основных рыбопромысловых районов, в том числе Селенгинского мелководья, проводятся регулярно (Мельник и др., 2009; Макаров и др., 2012; Гончаров и др., 2022). Полученные данные позволяют не только провести сравнительный анализ особенностей распределения скоплений и размерно-возрастной структуры нагульного стада байкальского омуля на данной акватории, но и дают возможность прогнозирования изменения биомассы.

Целью данной работы является анализ структуры нагульного стада байкальского омуля в районе Селенгинского мелководья на основе данных 2023 г.

2. Материалы и методы

Гидроакустическая съемка в Селенгинском рыбопромысловом районе оз. Байкал была проведена в период весеннего прогрева с 21 по 27 мая 2023 г. НИС «Г.Ю. Верещагин» двигался по стандартной сетке галсов (Рис. 1) с диапазонами глубин от 50 до 400 м. Суммарная протяженность галсов составила более 230 км. Съемку проводили при помощи гидроакустического комплекса «Эхо-Байкал» представляющего программную и аппаратную связку модернизированного эхолота Furuno FCV-1100 (Япония) и авторского программного

обеспечения. Комплекс работал в двухчастотном режиме с следующими параметрами: частота зондирующего сигнала 28 и 200 кГц, длительность импульса 1,0 мс, порог селекции одиночных целей -52дБ. Калибровку гидроакустического комплекса проводили по стандартной методике (Simrad, 2001) при помощи медной сферы диаметром 60 мм. с расчетным значением силы цели (TS) равным -33,61 дБ. Контрольные траления проводили с использованием разноглубинного трала (вертикальное раскрытие до 10 м, раскрытие по нижней подборе 17,5 м) после прохождения 4-5 галсов и обнаружения скоплений рыб.

Контроль работы трала (раскрытие, траекторию движения относительно дна и скоплений рыб) осуществляли с применением датчиков синхронной регистрации глубины, размещенных на верхней и нижней подборе. Калибровку датчиков выполняли перед тралениями методом кросскалибровки с двухканальным погружным регистратором температуры и глубины RBRduet³ T.D. (Канада). После подъема трала на борт, проводили считывание данных через беспроводной интерфейс BlueTooth.

Было выполнено четыре траления в придонном режиме прохождения трала (Рис. 2). Размерный состав рыб в нагульном стаде байкальского омуля исследовали по данным результативных траловых уловов (№№2 и 4), для оценки биомассы дополнительно использовали промеры рыб из тралов №№1 и 3 (Таблица). Измерения длины рыб

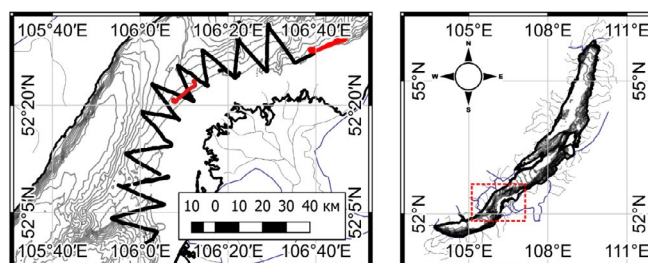


Рис.1. Стандартная сетка галсов (черным цветом) акустической съемки. Места результативных тралений (красным цветом)

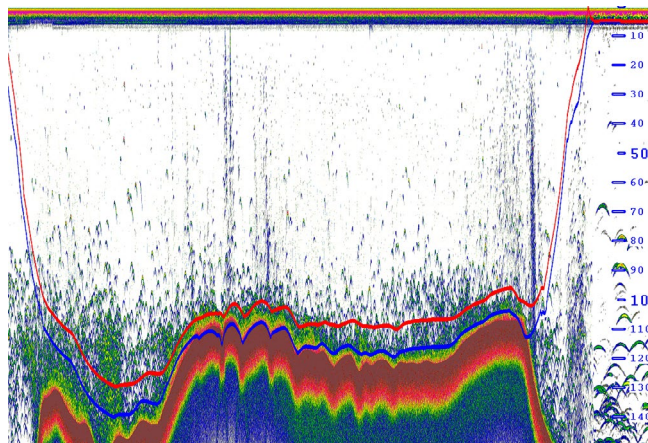


Рис.2. Эхограмма придонного режима прохождения трала (траление №4). Траектория движения нижней (синим цветом) и верхней (красным) подбор трала.

Таблица. Параметры тралений и структура материала

№ трала	Координаты траления		Время траления		Глубины траления, м	Объем выборки, экз.
	Начало с.ш./в.д.	Окончание с.ш./в.д.	Начало	Окончание		
1	52.16228/105.96628	52.16231/105.96627	12:20	13:50	145	112
2	52.38949/106.20513	52.34594/106.12876	10:10	12:10	150	461
3	52.48270/106.76392	52.46015/106.6544	22:50	00:50	140	119
4	52.48481/106.77041	52.46027/106.6444	02:10	04:20	140	566
Всего, экз.						1258

проводили с точностью до 1 см. Выборочные весовые характеристики рыб получали с использованием соотношения «длина-вес» $Wg = 10,9(SL_{dm})^{3,02}$, где Wg – вес в граммах, SL_{dm} – стандартная длина в дециметрах (Аношко и др., 2022). Всего в анализ включены данные по 1258 экз. байкальского омуля.

3. Результаты и обсуждение

Распределение. Распределение байкальского омуля по акватории Селенгинского мелководья в целом соответствовало зимне-весеннему, основные скопления сосредоточены на глубинах 100-300 м. Более плотные скопления рыб наблюдали в зоне подводного склона. В дневное время разреженные скопления регистрировали на глубинах около 200-250 м. В верхних горизонтах от 100 до 150 м рыбы формировали небольшие плотные (неразрешимые) скопления, которые в ночное время рассеивались (Рис. 3).

Сравнительный анализ результатов гидроакустической съемки Селенгинского мелководья с аналогичными данными 2015-2022 гг. показал, что общий характер распределения скоплений байкальского омуля по акватории и глубинам в 2023 г. значительно изменился. Скопления омуля были более подвижны, в сравнении с предыдущими годами исследований. Было зафиксировано их перераспределение с юга на север, вероятно обусловленное особенностями прогрева прибрежно-соровой зоны вследствие поступления более теплых вод р Селенги в весенне-

летний период 2023 г.

Размерный состав. По данным траловых уловов в разных частях мелководья стандартная длина рыб из нагульного стада составляла от 10 до 39 см, выборочная медиана соответствовала размерному классу 17 см. Представительные выборки (Рис. 4) имели сходное распределение особей по размерным классам. Выборка из северной части района отличалась большим количеством мелких (10-13 см) и наиболее крупных (более 25 см) особей. В выборке из средней части преобладали рыбы длиной 14-24 см.

Весовой состав. Анализ весовых характеристик рыб из всех траловых ловов, полученных с использованием соотношения «длина-вес» (Аношко и др., 2022) показал, что доминирующими по весу размерными классами были особи длиной 18-26 см (Рис. 5). Выборочная медиана составила 102 г при длине рыб, соответствующей размерному классу 21 см.

Возрастной состав. Локальные моды (пиков численности) 11, 14, 18 и 21 см, которые можно выделить на частотных гистограммах (Рис. 4), по нашему мнению, соответствуют возрастным классам 1-4 года. Для подтверждения этого, были использованы регрессионные соотношения «длина-возраст» (Рис. 6) по данным траловых уловов 2023 г. и данным ОДУ (Материалы ..., 2017). Получены соотношения: $T = 0,0071SL^{2,1}$ и $T = 0,0079SL^{2,0}$, где T – возраст в годах, SL – длина рыб в см. Возраст в годах, для байкальского омуля, пропорционален длине SL в степени близкой 2, т.е. квадрату длины.

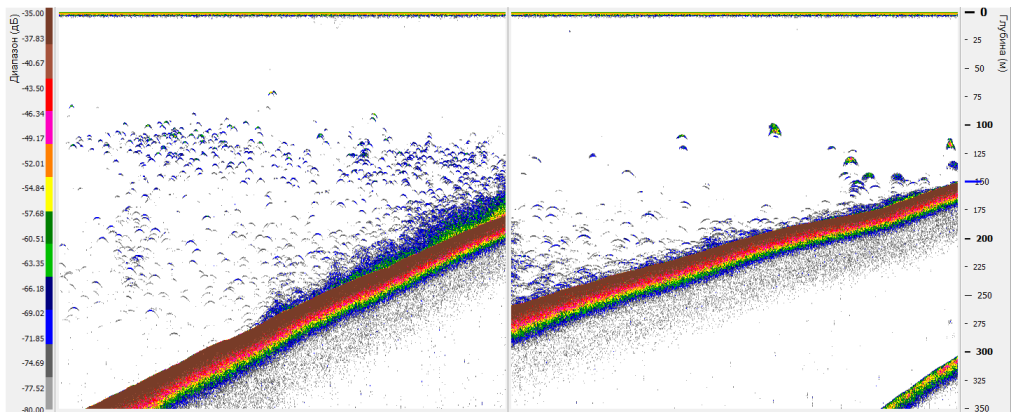


Рис.3. Эхограммы скоплений байкальского омуля по данным ночной (слева) и дневной (справа) съемки 25-26 мая 2023 г.

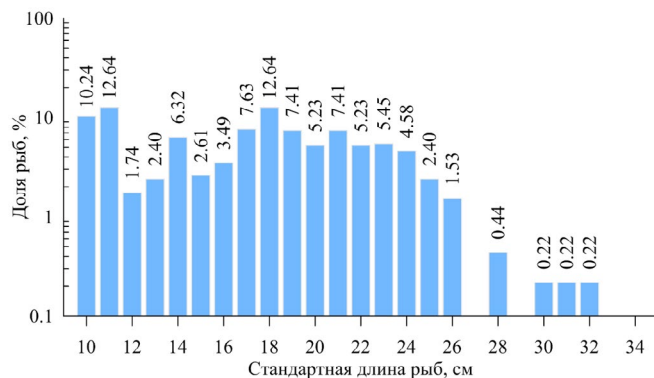


Рис.4. Размерный состав улова по данным трала №2 (сверху) и трала №4 (снизу).

Соотношение «длина-возраст» ($T = 0.0071SL^{2.1}$) позволяет провести оперативную оценку соотношения численности возрастных классов на основании вероятности отнесения к ним особей определенной длины (Рис. 7). Гистограмма построена только до 7-годовалого возраста в связи с низкой представительностью рыб с размерами соответствующими старшим возрастам. Следует отметить, что для прогнозирования биомассы запасов именно младшие возрастные группы рыб имеют большее значение. Зависимость демонстрирует тренд экспоненциального снижения численности доли рыб с возрастом. Коэффициент степени равный 0,33 – аналог коэффициента мгновенной смертности. Однако в данном случае он отражает тренд, обусловленный общей смертностью (естественной и в результате вылова), уровнем пополнения в разные годы и особенностями миграций особей старших возрастов. Доля двухгодовиков в уловах показала резко отклоняющееся значение от полученного тренда. Можно предположить, что поколение выклева 2021 г. дало относительно низкое пополнение в популяцию. Однако нельзя исключить другие причины, такие как неоднородность распределения размерных классов рыб по акватории, а также условия, способствовавшие миграции рыб этого поколения в другие районы.

Пик биомассы каждого поколения приходится на рыб в возрасте 7-8 лет (Соколов и Петерфельд, 2011), длиной 25-35 см. Однако их весовая доля в наших уловах была относительно низкой, что свидетельствует о периоде низкого пополнения в соответствующих поколениях. У рыб длиной 18-26 см за три года вес может увеличиться в три раза, однако и численность, в соответствии с коэффициентами естественной смертности (Материалы ..., 2023), сократиться в два раза. Следовательно, в среднесрочной перспективе от 3 до 5 лет можно ожидать увеличения запасов в Селенгинском районе в 1,5 раза.

На фоне чрезвычайно высоких оценок ежегодного уровня воспроизводства в 2001-2010 гг., в целом по Байкалу 3,24 млрд личинок, в 2007-2019 гг. происходило снижение запасов байкальского омуля (Материалы ..., 2017). Скат личинок в р. Селенге и реках Посольского сора в

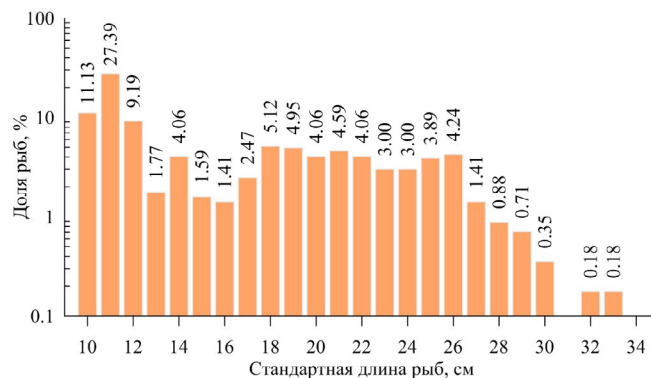


Рис.5. Весовой состав по данным тралов №№2 и 4.

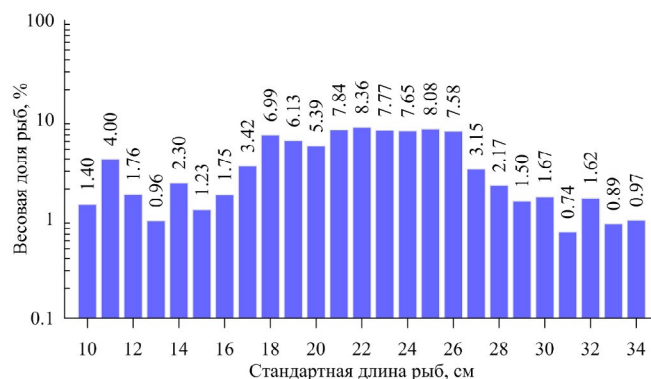


Рис.6. Соотношение «длина-возраст» рыб селенгинской популяции, полученное на основании: 1 - пиков численности, наши данные и 2 - определения возраста по чешуе (Материалы ..., 2017).

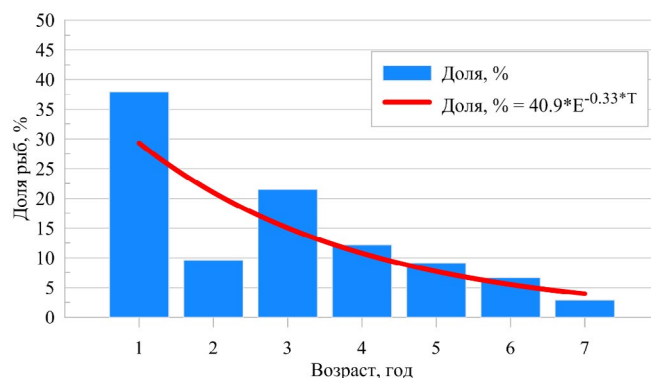


Рис.7. Соотношение возрастных классов байкальского омуля по данным траловых ловов.

период 2008-2013 гг. составил в среднем 1,729 млрд, а в 2018-2020 гг. сократился до 0,640 млрд (Материалы ..., 2023). При этом основу биомассы байкальского омуля на Селенгинском мелководье в мае-июне 2023 г. составили особи в возрасте 3-5 лет, т.е. поколения выклева 2018-2020 гг. Это свидетельствует о наличии пополнения, достаточного для увеличения биомассы запаса в перспективе. Вероятно, низкие показатели воспроизводства не являются катастрофическими для запасов байкальского омуля, а большее значение имеет уровень смертности рыб на первом году жизни.

4. Заключение

Сравнительный анализ результатов 2023 г. с данными 2015-2022 гг. показал, значительные изменения общего характера распределения скоплений байкальского омуля по акватории и глубинам Селенгинского мелководья. Анализ массовых промеров с использованием соотношений «длина-вес» и «длина-возраст» позволил провести оперативную оценку соотношения численности возрастных классов и сформулировать среднесрочные прогнозы. Стандартная длина рыб находилась в диапазоне от 10 до 39 см, по весу доминировали особи длиной 18-26 см. Таким образом нагульное стадо байкальского омуля характеризовалось значительной долей молодых особей несмотря на низкий уровень естественного воспроизводства. Это свидетельствует о наличии пополнения, достаточного для увеличения биомассы запаса байкальского омуля в 5-летней перспективе в 1,5 раза.

Величина воспроизводства является важным условием восстановления запасов, но не определяющим. Высокий уровень воспроизводства в предшествующий период не позволил обеспечить стабильные показатели запасов на фоне традиционной для Байкала структуры промысла. Низкий уровень воспроизводства 0,73 млрд личинок в 2016-2020 гг., обеспечивает положительную динамику увеличения запасов байкальского омуля, однако не позволяет быстро восстановить их до уровня экологической емкости оз. Байкал. В связи с этим, актуальным вопросом является изучение факторов, определяющих уровень смертности байкальского омуля на первом году жизни, что в последующем позволит корректно регулировать его запасы.

Благодарности

Работа выполнена в рамках тем государственного задания №№0345–2019–0002 и 0279-2022-0004

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта

интересов.

Список литературы

- Аношко П.Н., Макаров М.М., Устарбекова Д.А. и др. 2022. Соотношение длина-вес у байкальского омуля *Coregonus migratorius* в нагульный период в районе Селенгинского мелководья озера Байкал. Юг России: экология, развитие 17(1): 17-23. DOI: [10.18470/1992-1098-2022-1-17-23](https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-17-23)
- Гончаров С.М., Попов С.Б., Петерфельд В.А. и др. 2022. Результаты ресурсных гидроакустических съёмок байкальского омуля на рыбопромысловых акваториях озера Байкал в весенне-летний период 2022 года. Труды ВНИРО 190: 186-192. DOI: [10.36038/2307-3497-2022-190-186-192](https://doi.org/10.36038/2307-3497-2022-190-186-192)
- Макаров М.М., Дегтев А.И., Кучер К.М. и др. 2012. Оценка численности и биомассы байкальского омуля тралово-акустическим методом. Доклады академии наук 447(3): 343-346. DOI: [10.1134/S0012496612060051](https://doi.org/10.1134/S0012496612060051)
- 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).
- Материалы, обосновывающие общие допустимые уловы водных биологических ресурсов в озере Байкал (с впадающими в него реками) на 2024 г. (с оценкой воздействия на окружающую среду). 2023. URL: [http://baikal.vniro.ru/images/байкал оду 2024 для ос.pdf](http://baikal.vniro.ru/images/байкал%20оду%2024%20для%20ос.pdf) (дата обращения: 29.09.2023).
- Мельник Н.Г., Смирнова-Залуми Н.С., Смирнов В.В. и др. 2009. Гидроакустический учет ресурсов байкальского омуля. Новосибирск: Наука. 244 с.
- Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 7 ноября 2014 г. N 435 «Об утверждении правил рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна». 2014. URL: <http://base.garant.ru/70818098>
- Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С., Орлов С.И. 2013. Современные тенденции в распределении и промысловых уловах байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi). Известия ИГУ. Серия «Биология. Экология» 6(3.1): 63-67.
- Соколов А.В., Петерфельд В.А. 2011. Методические аспекты рыбохозяйственного мониторинга состояния запасов омуля озера Байкал. Известия КТГУ 22: 182-189.
- Anneville O., Lasne E., Guillard J. et al. 2015. Impact of fishing and stocking practices on Coregonid diversity. Food and Nutrition Sciences 6: 1045-1055. DOI: [10.4236/fns.2015.611108](https://doi.org/10.4236/fns.2015.611108)
- DeVanna Fussell K.M., Smith R.E.H., Fraker M.E. et al. 2016. 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 42: 743-752. DOI: [10.1016/j.jglr.2016.04.007](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2016.04.007)
- Jayasinghe R.P.P.K., Amarasinghe U.S., Newton A. 2017. 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 143: 154-163. DOI: [10.1016/j.ocecoaman.2016.07.002](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.07.002)
- Marchal P., Andersen J.L., Aranda M. et al. 2016. A comparative review of fisheries management experiences in the European Union and in other countries worldwide: Iceland, Australia, and New Zealand. Fish and Fisheries 17(3): 803-824. DOI: [10.1111/faf.12147](https://doi.org/10.1111/faf.12147)

Simrad. 2001. EK60 Scientific echo sounder instruction manual, Simrad Subsea A/S, Horten, Norway. 246 pp.

Smirnov V.V., Smirnova-Zalumi N.S., Sukhanova L.V. 2012. Fishery management of omul (*Coregonus autumnalis migratorius*) as part of the conservation of ichthyofauna diversity in Lake Baikal. *Pol.J.Natur Sc.* 27(2): 203-214.

Zhang F., Reid K.B., NuDDS T.D. 2018. Effects of walleye predation on variation in the stock-recruitment relationship of Lake Erie yellow perch. *Journal of Great Lakes Research* 44: 805-807. DOI: [10.1016/j.jglr.2018.05.007](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2018.05.007)