

Оригинальная статья / Original article
УДК 597.553.2 [574.3, 574.36]
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-17-23

Соотношение длина-вес у байкальского омуля *Coregonus migratorius* в нагульный период в районе Селенгинского мелководья озера Байкал

Павел Н. Аношко¹, Михаил М. Макаров¹, Джамиля А. Устарбекова², Елена В. Дзюба¹

¹ФГБУН Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Михаил М. Макаров, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории 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@hlsrserver.lin.irk.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1758-4458>

Формат цитирования

Аношко П.Н., Макаров М.М., Устарбекова Д.А., Дзюба Е.В. Соотношение длина-вес у байкальского омуля *Coregonus migratorius* в нагульный период в районе Селенгинского мелководья озера Байкал // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 1. С. 17-23.
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-17-23

Получена 6 августа 2021 г.

Прошла рецензирование 25 октября 2021 г.

Принята 27 декабря 2021 г.

Резюме

Цель – уточнение коэффициентов LWR для байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775).

Материал и методы. Исходные данные (количество рыб, стандартная длина (SL), вес (W), пол и морфо-экологическая группа (МЭГ) для исследования коэффициентов LWR были взяты из базы данных «Байкальский омуль». В анализ включены данные 3091 экз. байкальского омуля, отловленного с мая по июнь 2003, 2006 и 2007 гг. и в сентябре 2004 г. в районе прилегающему к дельте р. Селенга. Построение регрессионных моделей LWR проводили для всех данных без учета пола и МЭГ. Кроме этого, были получены регрессионные модели LWR данных сгруппированных по полу и принадлежности к определенной МЭГ.

Результаты. Получены зависимости с близкими значениями коэффициентов степенной функции. Существенных различий между рыбами разного пола и МЭГ выявлено не было, коэффициенты различались на уровне статистической погрешности. Показано, что LWR у рыб в нагульные периоды разных лет достаточно стабильно.

Заключение. Предложено уравнение $W=10,9(SL_{dm})^{3,02}$ с приемлемыми коэффициентами для ресурсных исследований байкальского омуля в нагульный период без проведения контрольных ловов.

Ключевые слова

Coregonus migratorius, соотношение длина-вес, оценка запасов, управление рыболовством, озеро Байкал.

Length-weight relationships of Baikal omul *Coregonus migratorius* during the feeding season in the Selenga area, Russia

Pavel N. Anoshko¹, Mikhail M. Makarov¹, Dzhamilya A. Ustarbekova² and Elena V. Dzyuba¹

¹Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

²Precaspian Institute of biological Research, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, 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, PO box 278, Ulan-Bator 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., Ustarbekova D.A., Dzyuba E.V. Length-weight relationships of Baikal omul *Coregonus migratorius* during the feeding season in the Selenga area, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 1, pp. 17-23. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-17-23

Received 6 August 2021

Revised 25 October 2021

Accepted 27 December 2021

Abstract

Aim. To refine the *LWR* coefficients for the Baikal omul *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775).

Material and Methods. The data set (number of fish, standard length (*SL*), weight (*W*), sex and morpho-ecological group (MEG) for the study of the *LWR* coefficients were taken from the Baikal Omul database. The analysis includes data from 3,091 specimens of Baikal omul, collected in May to June 2003, 2006 and 2007 and in September 2004 in the area adjacent to the delta of the Selenga River. The construction of regression models of *LWR* was carried out for all data without taking into account gender and MEG. In addition, regression models of *LWR* data were obtained, grouped by gender and belonging to a certain MEG.

Results. Dependencies with close values of the coefficients of the power function are obtained. There were no significant differences between fish of different sexes and MEG, the coefficients differing at the level of statistical error. It is shown that the *LWR* in fish during feeding periods of different years is quite stable.

Conclusion. We offer the equation $W=10.9(L_{dm})^{3.02}$ that has acceptable coefficients for *C. migratorius* resource estimations during feeding period without carrying out controlled fishing.

Key Words

Coregonus migratorius, length, weight, fisheries management, length-weight relationships, Lake Baikal.

ВВЕДЕНИЕ

Coregonus migratorius (Georgi, 1775) – эндемик озера Байкал, популяции которого размножаются в разных реках и подразделяются на три морфо-экологические группы (МЭГ): прибрежную, пелагическую и придонно-глубоководную [1; 2]. Нагул всех морфо-экологических групп осуществляется на акватории более 30 тыс. км² в эпи- и мезопелагиали до глубин 400 м. Несмотря на то, что различные группировки байкальского омуля в нагульный период реализуют разные модели поведения [1; 3; 4], общая динамика его скоплений во многом определяется особенностями прогрева прибрежных и поверхностных вод в весенне-летний период и последующим осенним остыванием. Байкальский омуль составляет основу промысловой добычи, которая является важной составляющей хозяйственной деятельности населения, проживающего на берегах озера. Одним из основных мест промысла является Селенгинский район (рис. 1), в котором по данным гидроакустических оценок в нагульный период концентрируется значительная часть байкальского омуля [3; 5]. Наблюдаемое в настоящее время снижение запасов байкальского омуля совпадает с общим трендом снижения запасов сиговых рыб в водоемах Сибири [6]. Однако особенности биологии этого вида не позволяют эффективно использовать общепринятые меры по рациональному использованию его запасов.

Для оценки промысловых запасов байкальского омуля в течение длительного времени применялись гидроакустические методы [3; 5].

Однако эти исследования, выполненные в разное время с применением различной техники и методических подходов, до настоящего времени не позволили провести анализ многолетних изменений запасов и структурных особенностей скоплений байкальского омуля.

Современный уровень исследований с применением гидроакустической техники позволяет с высокой точностью оценивать численность, а также биомассу рыб при условии наличия и использования для расчетов уравнения зависимости силы эха (*TS*). Уточнению зависимости *TS* от длины байкальского омуля посвящен целый ряд работ [7-9]. Однако значительный вклад в погрешность оценок запасов рыб может вносить и определение соотношения длина-вес (the length-weight relationship (*LWR*)). *LWR* используется при восстановлении веса рыб из данных по их длине для последующей оценки биомассы. Полученные ранее *LWR* для байкальского омуля значительно отличались по коэффициентам [3]. Вероятной причиной расхождений было указано сезонное изменение *LWR* связанное с периодом летнего нагула. На *LWR* влияет множество факторов, таких как стадии зрелости гонад, доступность пищи, среда обитания и размер выборки, а также различия в наблюдаемом диапазоне длин рыб [10-17].

В условиях депрессии численности популяции байкальского омуля особенно актуальной становится возможность выполнения ресурсных исследований в оз. Байкал без проведения контрольных ловов. Цель исследования – уточнение коэффициентов *LWR* для байкальского омуля.

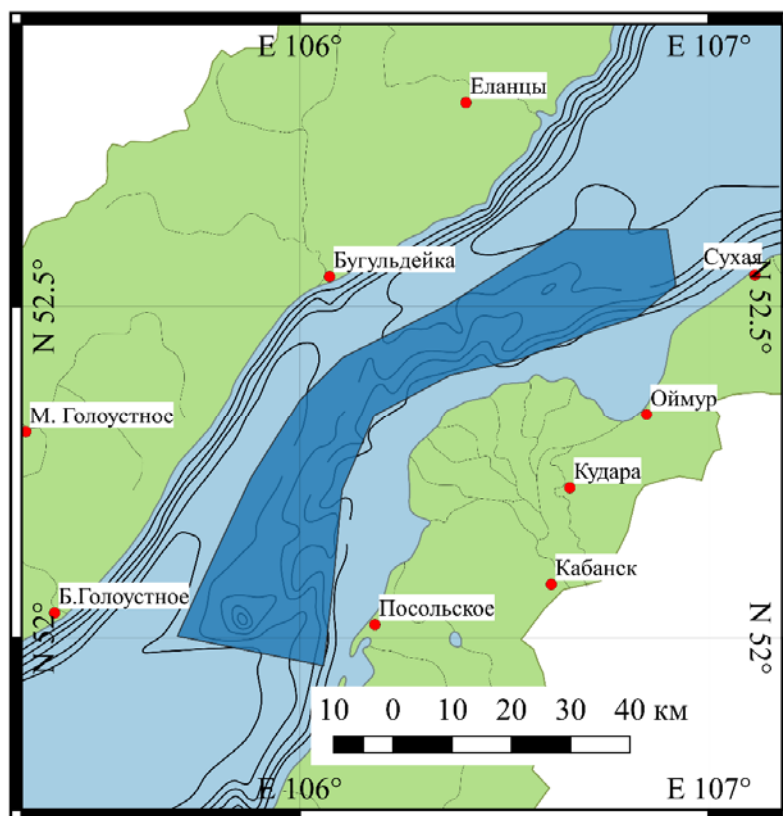


Рисунок 1. Район исследования в оз. Байкал

Figure 1. Study area in Lake Baikal

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходные данные (количество рыб, стандартная длина (SL), вес (W), пол и МЭГ) для исследования коэффициентов LWR были взяты из базы данных «Байкальский омуль» [3; 18]. В анализ включены данные 3091 экз. байкальского омуля, отловленного с мая по июнь 2003, 2006 и 2007 гг. и в сентябре 2004 г. в районе прилегающему к дельте р. Селенга (рис. 1). Построение регрессионных моделей LWR проводили для всех данных без учета пола и морфо-экологические группы. Кроме этого, были получены регрессионные модели LWR данных сгруппированных по полу и принадлежности к определенной МЭГ.

В работе R. Froese [12] подробно рассмотрены возможности использования степенного уравнения определяющего соотношение длины и веса, а также сформулированы рекомендации для корректной интерпретации данных. Для байкальского омуля традиционно используется уравнение LWR типа $W=aL^b$ или $\log(W)=b*\log(L)+\log(a)$, где W вес рыбы в граммах, а L длина рыбы в сантиметрах (в данной работе использована стандартная длина (SL) – длина до основания хвостового плавника). Принимая во внимание то, что W определяется объемом и плотностью тела, то коэффициент степени (b) должен быть близким к 3. Отклонения в коэффициенте степени обусловлены изменениями в пропорциях тела по мере роста рыб.

Коэффициент a зависит от единиц измерения длины рыб. Его величина соответствует весу рыб единичной длины. С учетом того, что регрессионные модели служат задачам интерполяции, для рыб длиной менее 10 см задача становится некорректной. С позиций возможности интерпретации и сравнения, мы считаем предпочтительным использовать коэффициент $a_{dm}=a_{sm}*10^b$ (где: a_{dm} – длина рыбы в дм, a_{sm} – длина рыбы в см) соответствующий весу рыб длиной 10 см. Важным свойством коэффициента a является его зависимость от величины b , то для LWR при $a = \frac{W}{L^b}$, что необходимо учитывать при проведении сравнительного анализа. Обработка материалов осуществлялась с применением алгоритмов системы для статистических вычислений R [19].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Диапазон длин исследованных рыб составил 0,86–3,73 дм, вес 7,0–808,0 г. В результате расчета LWR были получены близкие по значению коэффициенты. Существенных различий по LWR между рыбами разных МЭГ выявлено не было, коэффициенты уравнений различались на уровне статистической погрешности (таблица). Поскольку учетные работы традиционно проводились в весенний период (после зимовки, перед началом нагула), в нашем анализе были представлены рыбы с незрелыми гонадами. Для выборки 2007 г. были рассчитаны собственные значения коэффициентов: $a_{dm}=9,4$ и $b=3,15$, которые отличались больше остальных от коэффициентов, полученных по совокупности всех выборок. Данные отличия связаны с представительностью выборки – относительно высокой долей крупных особей.

Все регрессионные модели показали высокий коэффициент детерминации $r^2>0,98$, т.е. вес байкальского омуля более чем на 98% определялся его длиной. Коэффициенты варьировали в следующих диапазонах: $a_{dm} - 9,4-11,3$ и $b - 2,97-3,15$. Уравнение LWR байкальского омуля показывает близкие к классическим значения коэффициентов для рыб с веретенообразной формой тела. Незначительная положительная аллометрия относительно SL^3 близка к медианному значению $b=3,03$ по данным метаанализа LWR [12].

Полученные ранее LWR [3; 8] значительно отличаются от приведенных в данной работе завышенными значениями коэффициента $b - 3,04-3,47$. Было отмечено [3] вероятное изменение LWR осенью, после периода летнего нагула, в сравнении с рыбами, выловленными в весенний период. Доля нерестового стада байкальского омуля в озере составляет менее 5% численности популяции. В осенний период все нерестовые особи покидают зоны нагула и мигрируют в реки, где расположены нерестилища. Соответственно в составе нагульного стада не могут находиться рыбы со зрелыми гонадами, присутствие которых может повлиять на значение коэффициентов. Наш расчет LWR показал, что выборка рыб 2004 г. практически не отличалась от рыб, выловленных в весенний период.

Проведен анализ невязок относительно полученных LWR (рис. 2), где данные по длине рыб были округлены до 1 см. Смещение невязок в отрицательную область связано с преобладанием в выборках особей с большей длиной тела и меньшим весом, и, как следствие, с низким индексом Фултона (W/L^3) (Fulton's index), а в положительную, соответственно, с преобладанием особей с меньшей длиной тела и большим весом, то есть с высоким индексом Фултона. В результате данного анализа выявлено смещение невязок из положительной области для меньших по размеру особей в отрицательную у средних и в положительную – у крупных (выборка 2003 г.). Следовательно, полученное LWR не вполне корректно описывает изменчивость данного соотношения. Более точно описать LWR выборки 2003 года при равномерном изменении коэффициента b с увеличением размеров особей) позволяет предложенное ранее уравнение зависимости $W=aL^b=aL^{d+cl}$ с гиперпараметрами d и c [20]. Следует отметить, что это отдельный случай, так как для остальных выборок данная тенденция не была выявлена.

Существенных различий по LWR между самцами и самками также не установлено: коэффициенты различались на уровне статистической погрешности (таблица).

Байкальский омуль обитает в относительно стабильных условиях олиготрофного водоема, продолжительность жизни некоторых особей превышает 15 лет. Значительных различий в темпах роста разных поколений, а также LWR рыб в нагульный период не выявлено. Следовательно, при определении запасов этого вида в Байкале с использованием гидроакустических методов полученное нами уравнение $W=10,9(SL_{dm})^{3,02}$, обобщающее все выборки, может быть использовано без проведения контрольных ловов.

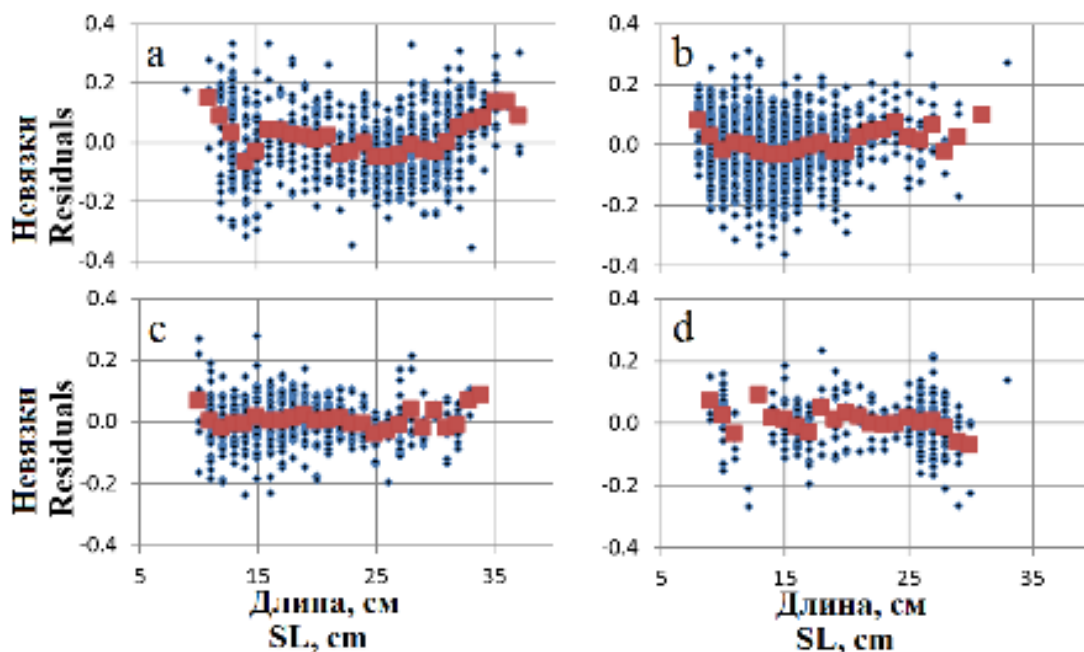


Рисунок 2. Невязки регрессионных моделей, а – 2003, б – 2004, с – 2006, д – 2007

■ – усредненные значения невязок по сантиметровым интервалам

Figure 2. Residuals of regression models, а – 2003, б – 2004, с – 2006, д – 2007

■ – average values of the residuals by intervals

Таблица. Оценка соотношения длина-вес для байкальского омуля

Table. Length-weight relationship estimations of *C. migratorius*

Выборки Data set	n	SL, dm		W, g		a_{dm}	b	r^2
		min	max	min	max			
30.05.-09.06.2003	772	0,86	3,73	7,9	808,0	10,5	3,07	0,987
04.10.-07.10.2004	1416	0,97	3,35	8,3	446,0	11,1	3,04	0,985
28.05.-01.06.2006	595	0,75	3,25	5,1	525,5	10,4	3,04	0,994
27.05.-01.06.2007	308	0,87	3,25	6,6	442,5	9,4	3,14	0,995
Самцы / Male	1138	0,86	3,67	7,4	590,0	10,6	3,07	0,989
Самки / Female	1240	0,94	3,73	7,8	808,0	10,8	3,04	0,990
Пелагическая МЭГ Pelagic morpho-ecological group (MEG)	859	0,91	35,0	7,0	528,0	10,6	3,00	0,993
Прибрежная МЭГ Coastal MEG	971	0,91	32,7	7,2	402,0	11,3	2,97	0,991
Придонно-глубоководная МЭГ Benthic-deepwater MEG	1122	0,86	37,3	6,6	808,0	10,8	3,10	0,990
Все / All	3091	0,75	37,3	5,1	808,0	10,9	3,02	0,988

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ресурсные гидроакустические исследования, как правило, сопровождаются контрольными ловами рыб для определения LWR и последующей оценки их биомассы. В условиях депрессии численности популяции байкальского омуля существует необходимость выполнения этих исследований без проведения контрольных ловов.

Анализ коэффициентов LWR для выборок разных лет из Селенгинского района оз. Байкал показал отсутствие существенных различий между рыбами разного пола и морфо-экологических групп: коэффициенты различались на уровне статистической погрешности. Кроме этого, выборка рыб, взятая в

осенний период, не отличалась от рыб, выловленных в весенний период. Таким образом, для нагульной части популяции байкальского омуля, нами предлагается использовать зависимость с приемлемыми коэффициентами $W=10,9(SL_{dm})^{3,02}$ без проведения контрольных ловов.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках государственного задания тем №№ 0279-2019-0003, 0279-2021-0005.

ACKNOWLEDGMENT

The work was conducted within the framework of State Project No. 0279-2019-0003, 0279-2021-0005.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов В.В., Шумилов И.П. Омули Байкала. Новосибирск: Наука, 1974. 160 с.
2. 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. N 2. P. 203-214.
3. 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., Сорокочиков 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.
4. 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. V. 3. P. 232-235. DOI: 10.31951/2658-3518-2019-A-3-232
5. 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 Biological Sciences*, 2012, vol. 447, pp. 363-366. DOI: 10.1134/S0012496612060051
6. Interesova E.A., Rakhmanova L.Y., Kolesnichenko L.G. There are no fish here: public perception of fish stock dynamics // Limnology and Freshwater Biology. 2020. N 4. P. 665-666. DOI: 10.31951/2658-3518-2020-A-4-665
7. Гончаров С.М., Попов С.Б., Бондаренко В.М., Мельник Н.Г., Смирнова Н.С., Ханаев И.В. Измерение силы цели байкальского омуля для повышения точности его запаса в озере Байкал // Рыбное хозяйство. 2008. N 3. С. 88-91.
8. 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/mjprfi.12124
9. Аношко П.Н., Макаров М.М., Попов С.Б., Дегтев А.И., Деникина Н.Н., Дзюба Е.В. Оценка коэффициентов уравнения акустической силы цели на основе морфологии плавательного пузыря байкальского омуля // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N 1. С. 89-98. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-89-98
10. Bagenal T.B., Tesch F.W. Age and growth // Methods for assessment of fish production in fresh waters. Oxford: Blackwell Science Publications, 1978. 365 p.
11. Dulčić J., Glamuzina B. Length–weight relationships for selected fish species from three eastern Adriatic estuarine systems (Croatia) // Journal of Applied Ichthyology. 2006. V. 22. Iss. 4. P. 254-256. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00633.x
12. Froese R. Cube law, condition factor and weight–length relationship: history, meta-analysis and recommendations // Journal of Applied Ichthyology. 2006. V. 22. Iss. 4. P. 241-253. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x
13. Hasankhani M., Keivany Y., Raeisi H., Pouladi M., Soofiani N.M. Length–weight relationships of three cyprinid fishes from Sirwan River, Kurdistan and Kermanshah provinces in western Iran // Journal of Applied Ichthyology. 2013. V. 29. Iss. 5. P. 1170-1171. DOI: 10.1111/jai.12139
14. Keivany Y., Zamani-Faradonbe M. Length–weight and length–length relationships for eight fish species from the Jarrahi River, southwestern Iran // Journal of Applied Ichthyology. 2017. V. 33. Iss. 4. P. 864-866. DOI: 10.1111/jai.13396
15. Jisr N., Younes G., Sukhn C., El-Dakdouki M.H. Length–weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon // The Egyptian Journal of Aquatic Research. 2018. V. 44. Iss. 4. P. 299-305. DOI: 10.1016/j.ejar.2018.11.004
16. Galvão da Silva L.C., Furtado da Silva A.F., Costa Rodrigues E.L., de Abreu Trindade P.A., Giarrizzo T., Costa Andrade M. New length-weight and length-length relationships of the fish fauna from the Xingu River, Amazon Basin, Brazil // Journal of Applied Ichthyology. 2020. V. 36. P. 251-255. DOI: 10.1111/jai.14011
17. Zhu X., Mi Q. Length-weight and length-length relationships of three fish species from the Qingshui River in Guizhou province, Southwest China // Journal of Applied Ichthyology. 2021. V. 37. P. 158-159. DOI: 10.1111/jai.14096
18. Дзюба Е.В., Коцарь О.В., Мельник Н.Г., Смирнова Н.С., Тягун М.Л., Толстикова Л.И. Свидетельство об официальной регистрации базы данных N 2008620116 РОСПАТЕНТ РФ. Морфо-биологические характеристики байкальского омуля (БД «Байкальский омуль»). Правообладатель: Лимнологический институт СО РАН. Заявка N 2008620009. Дата регистрации 04.03.2008 г. 2008.
19. R Core Team 2020. R: A Language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/> (accessed 06.08.2021)
20. Сорокина П.Г., Аношко П.Н., Зоркальцев В.И. Исследование зависимости массы от длины байкальского омуля // Вестник ИРГСА. 2021. Вып. 102. P. 84-99. DOI: 10.51215/1999-765-2021-102-84-99

REFERENCES

1. Smirnov V.V., Shumilov I.P. *Omuli Baikala* [Omuls of the Baikal]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1974, 160 p. (In Russian)
2. 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.
3. 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. *Gidroakusticheskiy uchet resursov baikal'skogo omulya* [Hydroacoustic surveys of Baikal omul]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009, 244 p. (In Russian)
4. 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, vol. 3, pp. 232-235. DOI: 10.31951/2658-3518-2019-A-3-232
5. 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 Biological Sciences*, 2012, vol. 447, pp. 363-366. DOI: 10.1134/S0012496612060051
6. Interesova E.A., Rakhmanova L.Y., Kolesnichenko L.G. There are no fish here: public perception of fish stock dynamics. *Limnology and Freshwater Biology*, 2020, no. 4, pp. 665-666. DOI: 10.31951/2658-3518-2020-A-4-665
7. Goncharov S.M., Popov S.B., Bondarenko V.M., Melnik N.G., Smirnova N.S., Khanaev I.V. Baikal omul target strength measurement to increase the accuracy of its stock in Lake Baikal. *Rybnoye khozyaystvo* [Fisheries]. 2008, no. 3, pp. 88-91. (In Russian)
8. Makarov M.M., Degtev A.I., Khanaev I.V., Kucher K.M., Smolin I.N., Nebesnykh 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/mjpf.12124
9. Anoshko P.N., Makarov M.M., Popov S.B., Degtev A.I., Denikina N.N., Dzyuba E.V. Estimation of the coefficients of the equation of acoustic target strength based on the morphology of *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) swim bladder. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 1, pp. 89-98. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-89-98
10. Bagenal T.B., Tesch F.W. Age and growth. Methods for assessment of fish production in fresh waters. Oxford, Blackwell Science Publications, 1978, 365 p.
11. Dulčić J., Glamuzina B. Length–weight relationships for selected fish species from three eastern Adriatic estuarine systems (Croatia). *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, vol. 22, iss. 4, pp. 254-256. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00633.x
12. Froese R. Cube law, condition factor and weight–length relationship: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, vol. 22, iss. 4, pp. 241-253. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x
13. Hasankhani M., Keivany Y., Raeisi H., Pouladi M., Soofiani N.M. Length–weight relationships of three cyprinid fishes from Sirwan River, Kurdistan and Kermanshah provinces in western Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 2013, vol. 29, iss. 5, pp. 1170-1171. DOI: 10.1111/jai.12139
14. Keivany Y., Zamani-Faradonbe M. Length–weight and length–length relationships for eight fish species from the Jarrahi River, southwestern Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 2017, vol. 33, iss. 4, pp. 864-866. DOI: 10.1111/jai.13396
15. Jisr N., Younes G., Sukhn C., El-Dakdouki M.H. Length–weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 2018, vol. 44, iss. 4, pp. 299-305. DOI: 10.1016/j.ejar.2018.11.004
16. Galvão da Silva L.C., Furtado da Silva A.F., Costa Rodrigues E.L., de Abreu Trindade P.A., Giarrizzo T., Costa Andrade M. New length-weight and length-length relationships of the fish fauna from the Xingu River, Amazon Basin, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 2020, vol. 36, pp. 251-255. DOI: 10.1111/jai.14011
17. Zhu X., Mi Q. Length-weight and length-length relationships of three fish species from the Qingshui River in Guizhou province, Southwest China. *Journal of Applied Ichthyology*, 2021, vol. 37, pp. 158-159. DOI: 10.1111/jai.14096
18. Dzyuba E.V., Kotsar O.V., Melnik N.G., Smirnova N.S., Tyagun M.L., Tolstikova L.I. Certificate of database registration 2008620116 ROSPATENT RF. *Morfo-biologicheskie kharakteristiki baikal'skogo omulya (BD «Baikal'skii omul»)* [Morphological and biological characteristics of Baikal omul ("Baikal omul" database)]. Right holder, Limnological Institute, SB RAS. Application 2008620009. Registration Date 04.03.2008, 2008. (In Russian)
19. R Core Team 2020. R: A Language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/> (accessed 06.08.2021)
20. Sorokina P.G., Anoshko P.N., Zorkaltsev V.I. The investigation of relation the mass and the length of the Baikal omul. *Vestnik IrGSHA*, 2021, iss. 102, pp. 85-99. (In Russian) DOI: 10.51215/1999-765-2021-102-84-99

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Павел Н. Аношко руководил постановкой цели исследования, анализировал данные, подготовил рукопись. Михаил М. Макаров проводил сводный анализ полученных результатов, участвовал в написании и корректировке рукописи. Елена В. Дзюба и Джамия А. Устарбекова участвовали в обсуждении, оформлении и корректировке рукописи. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Pavel N. Anoshko formulated the aim of the study, analysed data and prepared the manuscript. Mikhail M. Makarov conducted a summary analysis of the obtained results and participated in the preparation and correction of the manuscript. Elena V. Dzyuba and Dzhamiya A. Ustarbekova participated in the discussion, preparation and correction of the manuscript. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

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>
 Джамия А. Устарбекова / Dzhamiya A. Ustarbekova <https://orcid.org/0000-0003-4237-7909>
 Елена В. Дзюба / Elena V. Dzyuba <https://orcid.org/0000-0002-0769-694X>