

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ ТРАЛОВО-АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

М. М. Макаров*, А. И. Дегтев**, К. М. Кучер*,

А.М. Мамонтов*, И. А. Небесных*, И. В. Ханаев*, Е.В. Дзюба*

Представлено академиком М.А. Грачевым

Поступила в редакцию

В 2011 г. гидроакустическим методом (ГАМ) получена оценка численности (360474.2 тыс. экз.) и биомассы (31589 т) байкальского омуля *Coregonus migratorius*. По сравнению с выполненными ранее тралово-акустическими съемками [1] проведено более детальное обследование по всей акватории озера Байкал с использованием экспериментально полученного в 2010 г. уравнения соотношения длина – отражательная способность (силы цели) байкальского омуля. В работе учтены основные требования адаптации ГАМ к условиям озера и экологии рыб - характеристики звукорассеивающих слоев, особенности распределения и начала нагульных миграций байкальского омуля [1].

Тралово-акустическая съемка проводилась в период с 25 мая по 15 июня 2011 г. с борта НИС «Г.Ю. Верещагин» с использованием двухчастотного (200/28,8 кГц) гидроакустического комплекса на базе рыбопоискового эхолота “Furuno FCV1100” и гидроакустического программно-технического комплекса “AsCor” (ООО ПромГидроакустика), предназначенного для камеральной обработки акустических записей и количественной оценки рыбных запасов [2]. Расчеты численности и биомассы проводились по данным, полученным на рабочей частоте 28,8 кГц. Данные, полученные на частоте 200 кГц, использовались для повышения точности расчетов. Гидроакустические антенны на штанге с обтекателем вдоль борта были погружены на глубину 1-1,5 м. Калибровку

гидроакустических комплексов проводили по стандартной схеме с использованием медной сферы, сила цели которой равна -36,2 дБ. НИС двигалось по заданной сетке галсов типа «меандр» и «зигзаг» (рис. 1) со скоростью 2,1–2,6 м/с. Акустические данные записывались вместе с географическими координатами, затем экспортировались в программу обработки системы “AsCor”. Выделение районов акватории озера производилось по различиям в характере плотности гидроакустической регистрации рыб и результатов контрольных обловов, выполненных разноглубинным тралом 22/108.

Всего выполнено 20 тралений на разных горизонтах в различных районах Байкала. Результаты контрольных обловов (общая выборка 4650 экз. рыб) использовались для анализа распределения популяций байкальского омуля по районам, а также для расчетов размерно-вещного соотношения у рыб и получения степенной аппроксимации в виде зависимости:

$$W=0.0063*L^{3.1712}. \quad (1),$$

где L – промысловая длина рыбы, см, W – масса, г.

Для байкальского омуля существует ряд оценок зависимости силы цели от длины. В 2010 году проведены работы по уточнению силы цели байкальского омуля для рабочей частоты эхолота 200 кГц, в результате получено выражение:

$$TS=20.0Lg(L)-64.5 \quad (2),$$

где L – промысловая длина рыбы, см, TS – сила цели, дБ.

В настоящей съемке была использована частота 28,8 кГц, для которой вводилась поправка:

$$\Delta=0.9Lg(f_1/f_2) \quad (3),$$

где f_1 и f_2 - рабочие частоты эхолота.

Средние показатели длины и массы байкальского омуля по траловым уловам и гидроакустическим данным представлены в таблице 1.

Применение многочастотных систем (28, 38, 50, 70, 120, 200, 420 кГц) дает возможность отфильтровать помехи, имеющие физическую природу,

разграничить рыб (пузырных от беспузырных) и планктон [4-8; и др.]. Пример такого подхода продемонстрирован на эхограмме двухчастотной (28,8 и 200 кГц) регистрации байкальского омуля, находящегося внутри плотного скопления макрозоопланктона (*Macrohectopus branickii*) с диапазоном длины тела 2-3 см (рис. 2). Для рабочей частоты 28,8 кГц мелкие организмы остаются практически прозрачными, что имеет известное физическое объяснение в виде дифракции, а для высокой частоты (200 кГц) наблюдается достаточно сильное обратное рассеяние ультразвука зоопланктоном [1]. Наличие экспериментально подтвержденного уравнения силы цели для байкальского омуля позволило получить более точную оценку его биомассы, а возможность проводить измерения на двух частотах, сделали их обоснованными.

Результаты, полученные с помощью ГАМ, приведены в таблице 2. Распределение численности и биомассы байкальского омуля по акватории озера Байкал имеет неравномерный характер. Скопления, с плотностью выше среднего, занимают не более четверти обследованной площади, но содержат почти две трети запасов байкальского омуля. Общая картина его пространственного распределения по акватории озера совпала с ранее проведенными тралово-акустическими съемками. Подтверждена необходимость их проведения непосредственно за сходом льда, до начала нагульных миграций байкальского омуля. Рыба в этот период образует плотные скопления и локализуется по глубинам, легкодоступным для гидроакустической регистрации, что повышает точность проводимых учетных работ. Полученная оценка численности и биомассы байкальского омуля, особенно для Селенгинского мелководья и Северного Байкала, хорошо согласуется с прогнозом их многолетней динамики на основе особенностей размерного и возрастного состава рыб. Подтвердились выводы о нахождении значительной части популяций байкальского омуля над глубоководными зонами озера [1].

По официальным данным на 2010 г. общая биомасса байкальского омуля оценивалась в 19,7 тыс. т, при этом, общий объем допустимого

улова составлял 1700 т. [9]. По данным тралово-акустической съемки 2011 г., биомасса байкальского омуля равна 31,6 т, что на 38% больше официальных данных. Если объем допустимого улова будет увеличен приблизительно до 3 тыс. т., то при рыночной цене 1 кг байкальского омуля около 150 руб, доход составит 450 млн. руб. Ежегодный тралово-акустический учет байкальского омуля потребовал бы расходов не более 5 млн. руб. Таким образом, проведение регулярного (раз в два года) учета байкальского омуля может дать значительный народно-хозяйственный эффект.

Работы выполнены под руководством к.б.н. Н.Г. Мельник в рамках интеграционного проекта СО РАН №6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельник Н.Г. Смирнова-Залуми Н.С., Смирнов В.В. и др. Гидроакустический учет ресурсов байкальского омуля. Новосибирск: Наука, 2009. 244 с.
2. Патент РФ на полезную модель № 60755. Гидроакустический двухчастотный программно-технический комплекс по количественной оценке водных биомасс «ASCOR» / Дегтев А.И. Заявка № 2006120070, зарег. 27.12.2007.
3. Урик Р.Дж. Основы гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1978. – 331 с.
4. Николаев А.В. // Вопросы промысловой гидроакустики. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. С. 6-25.
5. Токарев Ю.Н. // Экология моря. 2001. Вып. 57. С. 51–59.
6. Mitson R.B., Knudsen H.P. // Aquat. Living Res. 2003. V. 16. P. 255-263.
7. Gauthier S., Horne J.K. // ICES J. Mar. Sci. 2004. V. 61. P. 836-845.
8. Simmonds J., MacLennan D. // Fisheries Acoustics: Theory and Practice. Second Edition. Blackwell, Oxford, UK, 2005. 259 p.
9. «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2009 году» // Государственный доклад. М. 2011. 411 с.

*Федеральное государственное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, Иркутск

**ООО «ПромГидроакустика», Петрозаводск

Таблица 1. Средние показатели длины и массы байкальского омуля по траловым уловам и гидроакустическим данным, май-июнь 2011 г.

| Район | Акустические данные | | | Средний размер по данным контрольных обловов, см |
|---------------------------------------|----------------------------|--|-------------------------------|--|
| | Средняя сила цели (TS), дБ | Средний размер по выражениям 2 и 3, см | Средний вес по выражению 1, г | |
| Селенгинское мелководье | -37.1 | 21.1 | 99,8 | 20.1 |
| Баргузинский залив | -37.9 | 19.2 | 74.0 | 21.0 |
| Северный Байкал | -38.3 | 18.5 | 65.3 | 19.4 |
| Пролив Малое Море | -37.4 | 20.5 | 91.0 | 23.1 |
| Открытое озеро (Энхолук – м. Горевый) | -38.0 | 19.0 | 71.5 | 17.9 |

Примечание. ~~Доверительный интервал для средних значений не более $\pm 7.6\%$ при уровне значимости 5%.~~ Выделены районы, традиционно значимые в промысле.

Таблица 2. Результаты оценки численности и биомассы байкальского омуля тралово-акустическим методом

| Район | Площадь, га | Численность, тыс. экз. | Средняя плотность, экз./га | Биомасса, тонн | Средняя плотность, кг/га |
|--|-------------|------------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| Вся обследованная акватория озера Байкал | 2869610 | 360474.2 | 126 | 31588.6 | 11.0 |
| Селенгинское мелководье | 204630 | 138108.2 | 675 | 13639.5 | 66.7 |
| Баргузинский залив | 58390 | 7203.5 | 123 | 502.0 | 8.6 |
| Северный Байкал | 87410 | 54490.7 | 623 | 4419.4 | 50.6 |
| Пролив Малое Море | 54750 | 10476.3 | 191 | 889.9 | 16.2 |

Примечание. Доверительный интервал для средних значений не более $\pm 7.6\%$ при уровне значимости 5%. Выделены районы, традиционно значимые в промысле.

Подрисуночные подписи

Рис. 1. Схема галсов тралово-акустической съемки 2011 г.

Рис. 2. Эхограмма одновременной двухчастотной (28.8 и 200 кГц) регистрации разреженного скопления байкальского омуля в плотном скоплении зоопланктона

**ESTIMATION OF ABUNDANCE AND BIOMASS OF BAIKALIAN
OMUL BY TRAWL-ACOUSTIC SURVEY**

M. M. Makarov*, A. I. Degtev**, K. M. Kucher*, A. M. Mamontov*,
I. A. Nebesnukh*, I. V. Khanaev*, E. V. Dzyuba*

Сведения об авторах

Автор для переписки: 1. Макаров Михаил Михайлович – н.с., лаб. гидрологии и гидрофизики ЛИН СО РАН, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278; Тел. раб: 8 (3952) 42-32-99; Факс: 8 (3952) 42-54-05; Тел. дом.: 8 (9149) 56-86-78; E-mail: mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru.

2. Дегтев Андрей Игоревич – к.т.н., директор ООО «ПромГидроакустика», 185034, г. Петрозаводск, пер. Родниковый 4-й, 17; сот. тел. 8-921-4-565-745. E-mail: rickoshet@onego.ru.

3. Кучер Константин Мирославович – аспирант, лаб. гидрологии и гидрофизики ЛИН СО РАН, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278; Тел. раб: 8 (3952) 42-32-99; Факс: 8 (3952) 42-54-05; Тел. дом.: 8 (9086) 63-37-78; E-mail: kost@hlserver.lin.irk.ru.

4. Ханаев Игорь Вениаминович – с.н.с., лаборатория ихтиологии ЛИН СО РАН, , 664043, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278; тел. раб: 8 (3952) 42-26-95; факс: 8 (3952) 42-54-05; сот. тел.. 8-902-5-698-321; E-mail: igkhan@lin.irk.ru.

5. Мамонтов Анатолий Михайлович – к.б.н, главный специалист лаб. ихтиологии ЛИН СО РАН, 664043, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278; тел. раб: 8 (3952) 42-26-95; факс: 8 (3952) 42-54-05; E-mail: mamontov@lin.irk.ru.

6. Небесных Иван Александрович – аспирант, ведущий инженер лаб. ихтиологии ЛИН СО РАН, 664043, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278; тел. раб: 8 (3952) 42-26-95; факс: 8 (3952) 42-54-05; тел. дом. 8 (3952) 46-84-65; E-mail: canis-87@mail.ru.

7. Дзюба Елена Владимировна – к.б.н., и.о. зав. лаб. ихтиологии ЛИН СО РАН, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278; Тел. раб: 8 (3952) 42-26-95; Факс: 8 (3952) 42-54-05; Тел. дом.: 8 (3952) 59-03-95; E-mail: e_dzuba@lin.irk.ru.