

УДК 534.2:597.553.2(282.256.341)

**В.А. Дегтярев, П.П. Шерстянкин, Н.Г. Мельник**  
Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск  
*harald@inbox.ru*

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОМУЛЯ  
(*COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS*)  
В РАЗНЫХ РАЙОНАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ  
ПО АКУСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

По данным акустической съемки, проведенной в мае—июне 2003 г., выполнены расчеты соотношения биомассы омуля *Coregonus autumnalis migratorius* в раз-  
ноглубинных районах Байкала. Используются результаты эхоинтегрирования с ин-  
тервалом 0,5 морской мили в слое воды 10–300 м, а в мелководных районах — до  
дна. Эхоинтегрирование выполнено с применением программного обеспечения  
“Echoview”. Биомасса омуля рассчитана для 2010 разрезов водной толщи, принад-  
лежащих 70 поперечным и продольным галсам. Определено, что соотношение био-  
массы омуля в районах, расположенных над различными глубинами, практически  
одинаково в южном, среднем и северном Байкале: 68–76 % — в глубоководной  
зоне; 13–26 — в нижней части берегового склона, над глубинами 200–400 м; 4–  
11 % — над глубинами менее 200 м, в верхней части берегового склона и над  
мелководной платформой. В селенгинском районе распределение омуля кардиналь-  
но отличается: соответственно 10, 18, 72 %. Доказано, что исключение открытого  
глубоководного Байкала из весеннего акустического учета омуля является потен-  
циальной причиной существенного недоучета его запасов в озере.

**Degtiarev V.A., Sherstiankin P.P., Melnik N.G.** Features of the omul (*Coregonus autumnalis migratorius*) distribution in different parts of Baikal Lake by acoustic data // *Izv. TINRO.* — 2008. — Vol. 152. — P. 58–63.

Pelagic omul *Coregonus autumnalis migratorius* is the main commercial spe-  
cies of Baikal Lake. Its biomass was estimated for different bathymetric zones in  
different parts of the Lake on acoustic data obtained in the period from May 27 to  
June 9, 2003 by the echo-sounder Symrad EY-500 with towed antenna Split Beam  
(frequency 70 kHz, output power 610 W). Three bathymetric zones were examined:  
> 400 m; 200–400 m; < 200 m in four parts of the Lake: southern, middle, and  
northern Baikal and the area at the Selenga River mouth. In total, 70 longitudinal and  
cross-lake transects were made with minimal depth 10–20 m that was about 80% of  
the whole lake area. Echointegration analysis was made for the upper water layer  
(300 m) or for the whole water column at shallows using the Echoview 3.10 software  
with 0.5 mile interval (totally 2010 estimations). Bathymetric distribution of the omul  
biomass was similar for the southern, middle and northern Baikal areas: 68–76 %  
was in the zone above the depths > 400 m, 13–26 % — above the depths 200–400 m,  
and 4–11 % — in the shallow zone. The distribution was completely different in the  
area off the Selenga: only 10 % was in the deep-water zone, 18 % in the zone 200–  
400 m, and 72 % — in the shallow zone. These features reflected complex patterns  
of redistribution the fish belonged to different populations and age groups of omul had  
migrating from wintering places to feeding grounds. To be more realistic, acoustic  
surveys in the deep zone must be conducted in detail in short terms. Usual May—

June surveys limited by 400 m isobath underestimate considerably the stock of omul in Baikal Lake.

## Введение

Оценка количества пелагических рыб тралово-акустическим методом — общепризнанное и активно развивающееся направление морской и пресноводной ихтиологии (Юданов, 2002; Mehner, Schulz, 2002; Rudstam et al., 2003; Вологдин, 2005; Simmonds, MacLennan, 2005; и др.). Ошибки, возникающие при использовании этого метода, связаны с достоверностью идентификации рыб среди других акустических целей, с правильной организацией тралового отбора контрольных проб, с точностью оценки акустических характеристик данного вида рыб, в частности уравнения связи силы цели и длины рыбы, а также с корректностью экстраполяции акустических и траловых данных на площадь водоема. Последнее зависит от используемой модели распределения рыб. Опыт мировой науки показывает, что с помощью акустических данных даже для хорошо изученных видов рыб могут обнаруживаться ранее неизвестные закономерности их распределения, что приводит к изменению режима акустического учета. Так, в оз. Верхнем (США) обнаружено, что биомасса сиговых в глубоководной части озера в августе сопоставима с таковой в прибрежной области (Mason et al., 2005). Также акустическим методом выявлена значительная биомасса промысловых рыб в прибрежных районах Атлантического океана, ранее не входивших в мониторинг запаса этих видов (Brehmer et al., 2006).

Омуль *Coregonus autumnalis migratorius* — основная промысловая рыба в оз. Байкал, обитает в пелагиали озера. Методика тралово-акустического учета омуля на Байкале разрабатывается Лимнологическим институтом СО РАН совместно с ВНИРО, ТИНРО-центром, Востсибрыбцентром и иностранными коллегами (Сиделева и др., 1996; Кудрявцев и др., 2005; Melnik et al., 2007; Smirnova-Zalumi et al., 2007). Учет запаса омуля этим методом целесообразнее всего проводить в мае—июне, в период окончания зимовки и перехода рыб к нагулу. В это время омуль сосредоточивается в придонных слоях склоновой зоны озера, в основном до глубины 300–350 м (Смирнов, Смирнова-Залуми, 1981).

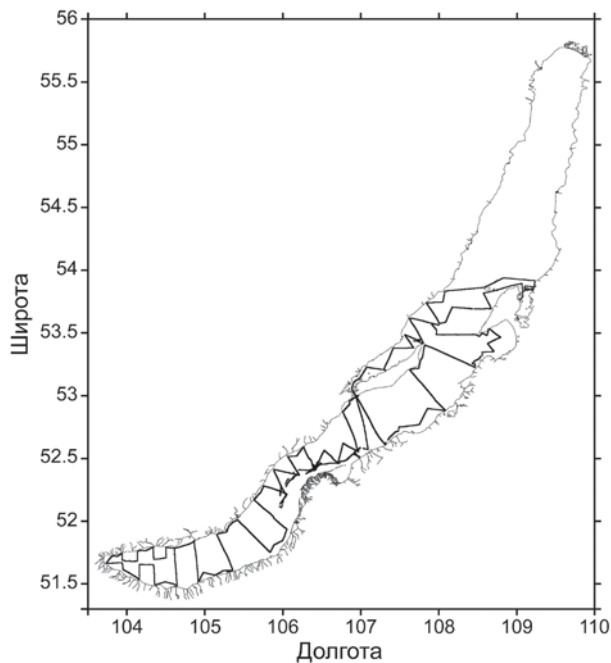
Ранее было принято (Смирнов, 1969; Смирнов, Шумилов, 1974), что омуль осваивает пелагиаль в основном в летний период. Позднее в процессе тралово-акустической съемки 1989 г. (Сиделева и др., 1996) впервые было обнаружено его наличие в мае—июне в открытых водах озера. Было установлено, что в период распаления льда около половины всего учтенного омуля (42 % биомассы) находилось в верхней 350-метровой толще пелагиали глубоководного Байкала. По мнению В.Г. Сиделевой с соавторами (1996), этот факт меняет представление об омуле как в основном прибрежной рыбе, выходящей за пределы мелководий только в течение одного—двух летних месяцев. В более поздних работах (Мамонтов и др., 2004; Melnik et al., 2007) по данным тралово-акустической съемки 2003 г. было подтверждено наличие омуля в открытых водах в мае—июне и получена сходная с 1989 г. оценка (39 % биомассы).

В данном исследовании поставлена задача — рассчитать соотношение биомассы омуля в разноглубинных зонах пелагиали для различных районов оз. Байкал по данным акустической съемки 2003 г. (май—июнь) и доказать необходимость детального учета рыб в открытых водах для оценки запаса вида. Важность этой задачи определяется тем, что существующий ежегодный весенний тралово-сетной мониторинг омуля в Байкале до сих пор ориентирован преимущественно на учет рыб в прибрежно-склоновой зоне озера.

## Материалы и методы

Акустическая съемка омуля проведена с 27 мая по 9 июня 2003 г. Выполнено 70 поперечных и продольных акустических галсов (рис. 1) от глубин дна 10–

20 м, охвативших около 80 % акватории озера (частично обследована северная котловина). Исследованы три батиметрические зоны: 1) глубоководная зона, дистанция от поверхности воды до дна — более 400 м; 2) нижняя часть берегового склона, глубины 200–400 м; 3) верхняя часть берегового склона и прибрежная зона, глубины менее 200 м. Для расчета соотношения биомасс омуля в разных батиметрических зонах нами



использованы известные площади водной поверхности над различными глубинами дна (Shimagaev et al., 1994). Расчет площадей разнотлубинных зон Селенгинского мелководья озера проведен с использованием программы “Global Mapper” (Шерстянкин и др., 2006).

Рис. 1. Схема акустических галсов, выполненных научно-исследовательским судном “Верещагин” с 27 мая по 9 июня 2003 г. по акватории оз. Байкал

Fig. 1. A schematic map of Lake Baikal and transects of echo-sounding (May 27 — June 9, 2003)

Детально методика сбора и анализа акустических данных описана нами ранее (Melnik et al., 2007). При съемке использовался эхолот Symrad EY-500 с буксируемой антенной (Split Beam), частота — 70 кГц, выходная мощность — 610 Вт. Антенна эхолота была закреплена на вертикальной штанге, которая крепилась при помощи тросов-растяжек вдоль левого борта судна на глубине порядка 2 м, чтобы исключить влияние переотражения сигнала эхолота от корпуса судна. Использование жесткого крепления антенны уменьшило влияние погодных условий, а также хода судна на стабильность сбора акустических данных. Скорость движения судна составляла 5–6 уз.

Эхоинтеграционный анализ проведен для открытых вод в верхнем 300-метровом слое воды, для мелководных районов — до дна, с использованием программного обеспечения “Echoview 3.10” (интервал — 0,5 морской мили). Оценка биомассы омуля (т/милю<sup>2</sup>) проведена для 2010 полумильных отрезков 70 галсов. Биомасса рассчитывалась по формуле, аналогичной применяемой ранее (Сиделева и др., 1996):

$$TS = 20 \log L - 68,9, \quad (1)$$

где TS — сила цели, дБ; L — длина омуля, см.

Зависимость массы омуля (W, г) от его длины (L, см) определена ранее (Melnik et al., 2007) по данным тралений:

$$W = 1,48 \cdot 10^{-3} \cdot L^{3,47}. \quad (2)$$

Выбор сетки галсов (рис. 1) определялся с учетом результатов предыдущих съемок, а также в связи с необходимостью как детального обследования промысловых районов, так и обследования глубоководных участков озера. Запись эхосигналов велась круглосуточно. В данной статье обсуждается только соотношение биомасс омуля в различных участках оз. Байкал, так как для расчета ее абсолютных значений необходимо уточнение уравнения (1).

## Результаты и их обсуждение

Рассчитаны биомассы омуля для южного, среднего и северного Байкала (рис. 1, 2, таблица). Отдельно выделен селенгинский район, включающий обширную авандельту основного притока озера — р. Селенга — и прилегающие к ней склоновые и глубоководные участки (рис. 2). Этот район считается одним из самых продуктивных в Байкале, в том числе по биомассе омуля. Действительно, в мае—июне 2003 г. в селенгинском районе зарегистрированы максимальные биомассы омуля во всех трех батиметрических зонах (см. таблицу).

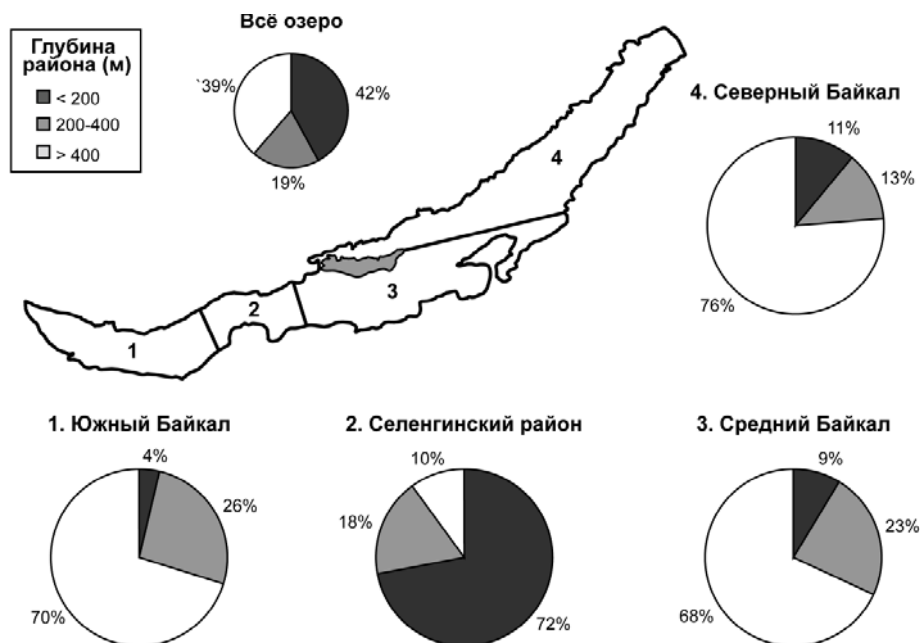


Рис. 2. Соотношение биомассы омуля в разноглубинных районах оз. Байкал в мае—июне 2003 г.

Fig. 2. Omul biomass for different pelagic zones of Baikal over various bottom depths (May 27 — June 9, 2003)

Соотношение биомассы омуля в различных районах озера в мае—июне 2003 г.

Omull biomass for different pelagic zones of Baikal over various bottom depths in May—June of 2003

Район	Глубина дна, м	Площадь зоны, м <sup>2</sup>	Средняя биомасса ± стандартная ошибка, т/м <sup>2</sup>	Кол-во отрезков
Южный Байкал	< 200	235	1,46 ± 0,59	107
	200–400	111	19,60 ± 3,16	106
	> 400	1392	4,27 ± 0,18	154
Селенгинский район	< 200	297	148,35 ± 26,26	86
	200–400	136	81,80 ± 20,31	85
	> 400	401	16,08 ± 1,48	130
Средний Байкал	< 200	413	6,27 ± 1,20	94
	200–400	238	27,32 ± 3,23	122
	> 400	1981	9,88 ± 0,63	517
Северный Байкал	< 200	658	5,11 ± 0,90	53
	200–400	406	9,96 ± 1,06	87
	> 400	2907	7,95 ± 0,19	436
Все озеро	< 200	1603	41,00 ± 7,00	340
	200–400	891	33,10 ± 4,70	400
	> 400	6681	9,10 ± 0,30	1237

Соотношение биомассы омуля в мае—июне 2003 г. в зонах, расположенных над различными глубинами, было практически одинаково в южном, среднем и северном Байкале (см. таблицу, рис. 2): 68–76 % — в глубоководной зоне; 13–26 % — в районе нижней части берегового склона; 4–11 % — в районе верхней части берегового склона и над мелководными платформами. В селенгинском районе распределение омуля кардинально отличалось: соответственно 10, 18, 72 % (см. таблицу, рис. 2). В 1989 г. (съёмка с 26 мая по 5 июня) прослеживалась сходная закономерность: в глубоководной области южного, среднего и северного Байкала доля биомассы омуля была равна 63, 54 и 24 %, в селенгинском районе — 32 %.

Особенности распределения рыб в селенгинском районе связаны с общеизвестным фактом более раннего прогрева его вод по сравнению с глубоководными котловинами озера (Смирнов, Шумилов, 1974). Это обстоятельство приводит к более ранним “привалам” омуля с мест зимовки (из склоновой зоны) в более прогретую прибрежную область селенгинского мелководья для нагула.

Второе важное обстоятельство — большая площадь акватории глубоководного Байкала во всех трех котловинах озера (в том числе по сравнению с селенгинским районом) (см. таблицу) и неравномерность распределения омуля на этой акватории (Мамонтов и др., 2004). Здесь омуль образует как плотные большие скопления, так и маленькие косяки; однако для основной части этой зоны озера характерно разреженное распределение рыб (рис. 3). Неоднородность распределения омуля в открытых водах отражает сложную картину перераспределения рыб различных популяций и возрастных групп от мест зимовки к традиционным местам нагула (Смирнов, Шумилов, 1974). Такое миграционное поведение омуля приводит нас к выводу, что для получения достоверной интерполяции данных отдельных акустических галсов глубоководная часть озера должна быть исследована максимально подробно и в короткие сроки.

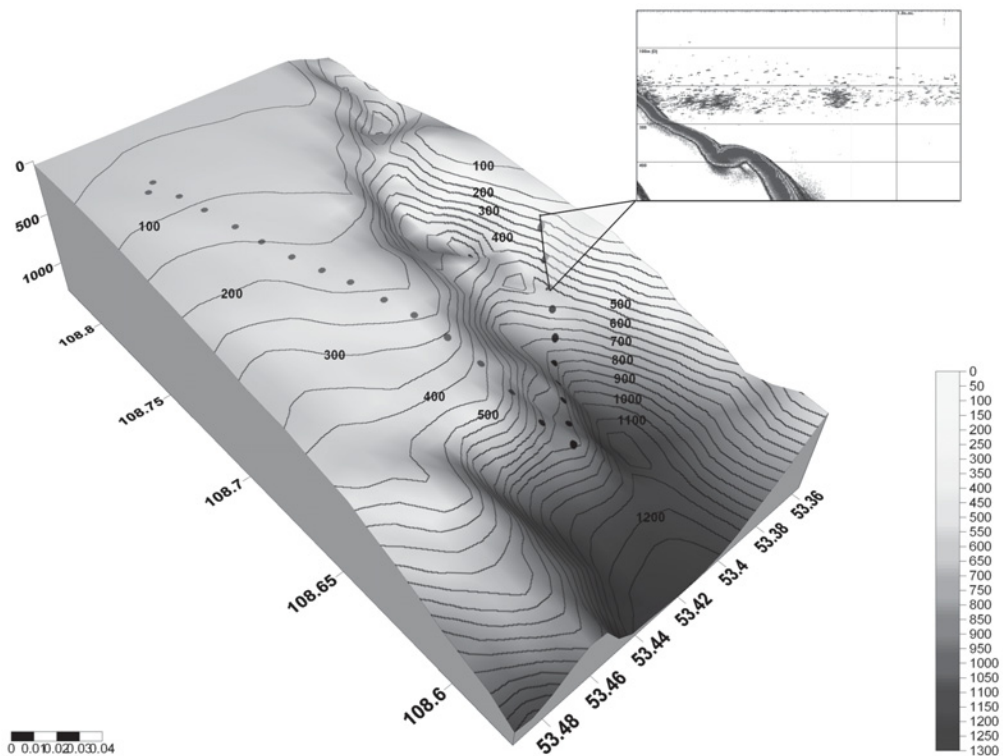


Рис. 3. Пример трехмерной модели подводного рельефа с привязанной к ней эхограммой скоплений омуля в среднем Байкале (май—июнь 2003 г.)

Fig. 3. Example of the 3d-model underwater relief with echogram of omul aggregation (May 27 — June 9, 2003)

## Заключение

Результаты наших исследований показывают, что ограниченность акустической съемки, проводимой в мае—июне, только прибрежным районом и районом берегового склона до 400-метровой изобаты, является потенциальной причиной существенного недоучета запасов омуля в Байкале.

*Авторы выражают благодарность всем участникам экспедиционных работ мая—июня 2003 г. за помощь в сборе акустических данных, а также администрации Иркутской области за частичное финансирование работ.*

## Список литературы

**Вологдин В.Н.** Вклад ТИНРО в развитие гидроакустического метода оценки запасов и изучения поведения рыб // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 141. — С. 382–392.

**Кудрявцев В.И., Дегтев А.И., Соколов А.В.** Об особенностях количественной оценки запасов байкальского омуля гидроакустическим методом // Рыб. хоз-во. — 2005. — № 3. — С. 66–69.

**Мамонтов А.М., Смирнова Н.С., Ханаев И.В. и др.** Размерно-возрастные характеристики и распределение омуля по материалам тралово-акустической съемки на Байкале в 2003 г. // Тез. докл. Междунар. конф. “Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами”. — Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2004. — С. 162–163.

**Сиделева В.Г., Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С. и др.** Оценка ресурсов байкальского омуля гидроакустическим методом // Рыб. хоз-во. — 1996. — № 6. — С. 37–38.

**Смирнов В.В.** Состояние запасов селенгинского омуля в оз. Байкал // Вопросы рыбного хозяйства Восточной Сибири. — Иркутск, 1969. — С. 20–29.

**Смирнов В.В., Смирнова-Залуми Н.С.** Закономерности сезонного распределения популяций байкальского омуля // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Вып. 3. Рыбы и нерпа: Тез. докл. к 5-му Всесоюз. лимнологическому совещанию. — Иркутск, 1981. — С. 70–73.

**Смирнов В.В., Шумилов И.П.** Омули Байкала. — Новосибирск: Наука, 1974. — 160 с.

**Шерстянкин П.П., Алексеев С.П., Абрамов А.М. и др.** Батиметрическая электронная карта озера Байкал // ДАН. — 2006. — Т. 408, № 1. — С. 102–107.

**Юданов К.И.** Перспективы использования промыслово-акустических съемок в рыбном хозяйстве. Методические рекомендации. — М.: ВНИРО, 2002. — 58 с.

**Brehmer P., Guillard J., Guennegan Y. et al.** Evidence of a variable “unsampled” pelagic fish biomass in shallow water (< 20 m): the case of the Gulf of Lion // ICES Journal of Marine Sciences. — 2006. — Vol. 63. — P. 444–451.

**Mason D.M., Johnson T.B., Harvey Ch.J. et al.** Hydroacoustic estimates of abundance and spatial distribution of pelagic prey fishes in Western Lake Superior // J. Great Lakes Res. — 2005. — Vol. 31. — P. 426–438.

**Mehner T., Schulz M.** Monthly variability of hydroacoustic fish stock estimates in a deep lake and its correlation to gillnet catches // Journal of Fish Biology. — 2002. — Vol. 61. — P. 1109–1121.

**Melnik N.G., Degtyarev V.A., Dzuzyba E.V. et al.** Distribution of Baikal omul (*Coregonus autumnalis migratorius*) in 2003 by acoustic data // Fundamental and Applied Limnology (Archiv fur Hydrobiologie). Spec. Issues Advanc. Limnol.: Biology and Management of Coregonid Fishes, 2005. — 2007. — Vol. 60 — P. 231–236.

**Rudstam L.G., Parker S.L., Einhouse D.W. et al.** Application of *in situ* target-strength estimation in lakes: examples from rainbow-smelt surveys in Lakes Erie and Champlain // ICES Journal of Marine Sciences. — 2003. — Vol. 60(3). — P. 500–507.

**Shimaraev M.N., Verbolov V.I., Granin N.G., Sherstyankin P.P.** Physical limnology of Lake Baikal: a review. — Irkutsk, Okayama: BICER, 1994. — 81 p.

**Simmonds J., MacLennan D.** Fisheries Acoustics: Theory and Practice. — Blackwell: Science, 2005. — 234 p.

**Smirnova-Zalumi N.S., Smirnov V.V., Goncharov S.M. et al.** Seasonal distribution of Baikal omul and problem of its acoustic survey // Fundamental and Applied Limnology (Archiv fur Hydrobiologie). Spec. Issues Advanc. Limnol.: Biology and Management of Coregonid Fishes, 2005. — 2007. — Vol. 60. — P. 237–243.