

УДК [639.2.081.7:681.883.42]639.212

Измерение *ex situ* силы цели (TS) молоди бестера (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) на частоте 200 кГц

С.М.Гончаров, С.Б.Попов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)

e-mail: sgonch@vniro.ru

Осетровые виды рыб являются ценнейшими промысловыми видами. Точность оценки численности и биомассы этих рыб имеет большее значение, поскольку от этого зависит эффективность эксплуатации их запасов. Гидроакустический метод количественной оценки водных биоресурсов нашёл широкое применение в мире, в том числе и для осетровых рыб. Сила цели рыб является ключевым параметром при определении их численности и биомассы в пределах акватории гидроакустической съёмки. Уравнение силы цели рыбы от её длины зависит от вида и частоты заполнения импульса посылки эхолота. Чем точнее уравнение силы цели, тем достовернее результаты количественной оценки. В работе приведены данные о силе цели осетровых рыб и результаты измерений силы цели молоди бестера (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*), выполненные на базе экспериментального рыболовного комплекса ФГБНУ «ВНИРО», для частоты 200 кГц. По результатам измерений было рассчитано уравнение силы цели молоди бестера для размерного диапазона от 20 см и выше:

$$TS \text{ (дБ)} = 20 \log L \text{ (см)} - 70,56$$

Данное уравнение рекомендуется к использованию при определении численности и биомассы молоди осетровых по результатам гидроакустических съёмок с использованием гидроакустической аппаратуры с частотой заполнения импульсов посылки 200 кГц.

Ключевые слова: уравнение силы цели, гидроакустическая съёмка, осетровые рыбы, бестер, молодь бестера, измерение силы цели, научный эхолот.

ВВЕДЕНИЕ

Осетровые виды рыб являются ценнейшими промысловыми видами, и в условиях мощного воздействия многочисленных антропогенных факторов необходима правильная эксплуатация их запасов, нельзя допускать сокращения численности рыб ниже критического уровня. В условиях моратория на коммерческий промысел осетровых в Каспийском море основным источником информации при мониторинге состояния запасов каспийских осетровых являются траловые и гидроакустические съём-

ки [Булгакова и др., 2014]. Однако, в связи с резким сокращением запасов осетровых, необходимо признать, что траловые уловы при съёмках осетровых в настоящее время не могут дать сколько-нибудь достоверной информации относительно состояния их запасов. Это обусловлено тем, что за все последние годы при траловых съёмках в северной части Каспия в тралах оказываются лишь штучные экземпляры осетровых или они вообще отсутствуют. Динамика средних уловов на усилие за период 2007–2013 гг. на мелководьях Северного

Каспия варьировала от 0,07 до 0,63 экз./траление.

При траловых съёмках невозможно исследовать всю толщу воды, а результаты вычислений основываются лишь на данных, полученных в слое облова. Ещё одним недостатком данного метода является то, что данные имеют прерывистый характер, поскольку расстояния между траловыми станциями значительно больше, нежели дистанции тралений. При высокой неоднородности распределения рыбных скоплений степень пространственной неопределённости может быть очень большой.

При гидроакустических съёмках сбор данных осуществляется непрерывно вдоль траектории движения судна во всей толще воды и вероятность регистрации осетровых рыб существенно выше, нежели вероятность их вылова при проведении траловых станций. В связи с этим при использовании гидроакустического метода количественной оценки может быть получена более адекватная картина распределения рыб и их численности (биомассы) на акватории съёмки. Многие зарубежные научные организации проводят гидроакустические исследования с целью оценки запасов различных видов осетровых рыб на разных акваториях [Zhang et al., 2014, Reine et al., 2010, McQuinn, Nellis, 2007, Nealson, Tritt, 2003]. При проведении таких исследований использовались научные эхолоты разных известных производителей, таких как Simrad (Норвегия), BioSonics (США), НТИ (США).

Одним из основных параметров при вычислениях численности и биомассы рыб является сила цели рыбы (Target Strength, TS), зависящая от вида, длины рыбы и акустической

длины волны облучения (или частоты). Чем точнее зависимость TS от длины рыбы для данной частоты, тем выше достоверность вычислений. В работе [Reine et al., 2010] были получены зависимости TS атлантического осетра (*Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*) от его длины для двух ультразвуковых частот — 200 и 420 кГц. В таблице 1 представлены результаты работ. Измерения были выполнены научными эхолотами DT 6000 фирмы BioSonics с частотой заполнения импульса посылки 200 кГц (диаграмма направленности — 6 градусов) и 420 кГц (диаграмма направленности — 10 градусов).

В декабре 2002 г. в реке Делавер была проведена гидроакустическая съёмка по оценке запаса тупорылого осетра (*Acipenser brevirostrum*) с использованием портативного научного эхолота НТИ (модель 241) с частотой излучения 200 кГц и антенной с расщеплённым лучом [Nealson, Tritt, 2003]. В процессе съёмки отдельные экземпляры осетров отчётливо регистрировались как в толще воды, так и в придонном слое. В процессе съёмки были выполнены измерения TS обловленных в процессе контрольных обловов осетров. На рис. 1 представлены результаты таких измерений, а также результаты расчётов длин отдельных экземпляров через измеренные значения TS по обобщённой формуле Лава для частоты 200 кГц [Урик, 1978]:

$$TS \text{ (дБ)} = 19,1 \log L \text{ (см)} - 0,9 \log f \text{ (кГц)} - 62. \quad (1)$$

Уравнение Лава часто используется при расчётах численности и биомассы рыб, когда отсутствуют экспериментальные зависимости для

Таблица 1. Зависимости TS атлантического осетра от его длины (L) для 200 и 420 кГц

Частота, кГц	Размерный диапазон, см	Уравнение TS, дБ
200	77,4–91,1	$TS = 20 \log (L, \text{см}) - 64$
	41–50	$TS = 20 \log (L, \text{см}) - 70$
	41–91,1	$TS = 20 \log (L, \text{см}) - 66,7$
420	77,4–91,1	$TS = 20 \log (L, \text{см}) - 63$
	41–50	$TS = 20 \log (L, \text{см}) - 67,9$
	41–91,1	$TS = 20 \log (L, \text{см}) - 65$

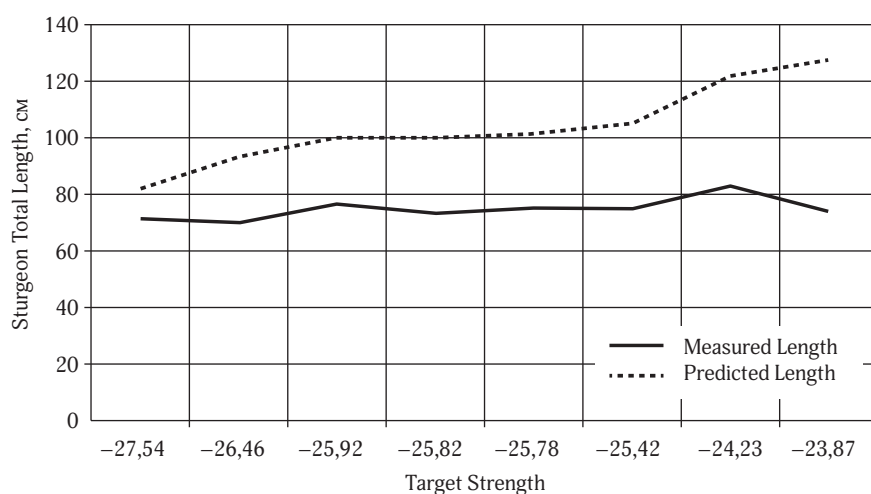


Рис. 1. Результаты измерения TS тупорылого осетра (нижний график) и рассчитанные значения длин отдельных экземпляров через измеренные значения TS по формуле Лава [Урик, 1978]

данного вида рыбы и частоты излучения. Приведённые графики (рис. 1) отчётливо показывают, насколько экспериментальные измерения длин (нижняя линия) отличаются от расчётных (верхняя линия), что говорит о неприемлемости использования формулы Лава для количественных оценок тупорылого осетра, так как это может привести к существенным ошибкам.

Измеренные значения TS отдельных экземпляров в процессе проведения съёмки варьировали в пределах от $-31,89$ до $-23,89$ дБ.

Результаты гидроакустических съёмок китайского осетра (*Acipenser sinensis*) в ниж-

нем бьефе Гечжоуской плотины (Gezhouba Dam) на реке Янцзы представлены в работе [Zhang et al., 2014]. Съёмки были выполнены научным эхолотом DT-X 200 кГц фирмы BioSonics с круговой диаграммой направленности антенны $6,8^\circ$, изготовленной по технологии расщеплённого луча. Обработка данных гидроакустических съёмок была проведена на постпроцессинговой системе Sonar-5 (Норвегия). В процессе съёмок было обнаружено 32 особи, диапазон их силы целей варьировал от $-29,6$ до $-20,2$ дБ. Для расчёта дины рыб по результатам измерений TS использова-



Рис. 2. Обустройство экспериментального рыбоводного комплекса ФГБНУ «ВНИРО» (г. Куровское, Московская обл.).

лась формула Лава [Урик, 1978], и соответствующий диапазон длин составил от 152,3 до 339,5 см. Но как показали результаты, представленные в работах по атлантическому и тупорылому осетрам, использование уравнения Лава приводит к существенным переоценкам длины рыб и поэтому корректность результатов расчёта вызывает сомнения.

Приведённые выше уравнения TS и непосредственно измеренные значения TS относятся к размерам осетровых, превышающих 41 см. К сожалению, данных об отражательных ультразвуковых свойствах осетровой молоди менее 41 см в научной литературе не представлено. В связи с этим в г. Куровское (Московская обл.) на базе экспериментального рыбководного комплекса ФГБНУ «ВНИРО» (рис. 2) были проведены измерения TS молоди бестера (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Измерения TS были проведены в зимовальном бассейне размером 3 × 2 м и высотой 1,5 м (рис. 3) с использованием научного эхолота ЕК-15 с частой заполнения импульсов посылки ультразвукового сигнала 200 кГц.

Учитывая ограниченные размеры бассейна, важно было правильно выбрать вертикальные диапазоны измерений. Минимальная глубина рабочего диапазона эхолота определяется прежде всего ближней зоной антенны, а именно расстоянием от рабочей поверхности антенны

до верхней границы её дальней зоны излучения (зоны Фраунгофера), где диаграмма направленности сформирована и распространение звука в воде описывается законами линейной акустики. Максимальная дальность ближней зоны антенны r , см (зона Френеля), где наблюдаются большие флуктуации отражённого сигнала, где ещё не сформирована диаграмма направленности антенны, определяется по формуле [Гидроакустическая энциклопедия, 1999]:

$$r = \frac{2 \times L^2}{\lambda}, \quad (2)$$

где L — максимальный линейный размер антенны, см; λ — длина волны излучения эхолота, равная отношению скорости звука в воде к частоте излучения антенны.

Антенна эхолота имеет круговую диаграмму шириной 26 градусов, а диаметр излучающей поверхности равен 30 мм. Следовательно, максимальная дальность ближней зоны антенны составляет 24 см, с учётом диаграммы направленности и длин рыб вертикальный диапазон измерений был выбран от 90 см (от поверхности антенны) до дна. Для повышения точности распознавания отдельных рыб по глубине была выбрана минимально возможная длительность импульса посылки, равная 0,08 мсек. В процессе экспериментов антенна эхолота ЕК-15 была установлена в центре бассейна. С целью



Рис. 3. Момент эксперимента по измерению TS бестера в режиме ручного сопровождения отдельной рыбы

увеличения времени контакта с регистрируемой рыбой, помимо максимальной частоты посылок, периодически в ручном режиме осуществлялось сопровождение отдельной рыбы (рис. 3), что позволило получить больше данных и более достоверные значения TS рыб.

В процессе работ эхосигналы записывались на компьютер с целью дальнейшей их обработки и определения значений TS отдельных рыб. При обработке эхосигналов анализировалась каждая регистрация отдельной рыбы. Учитывая небольшой облучаемый объём и расстояние между отдельными рыбами, двойная регистрация в луче была маловероятна. Попадание одновременно двух и более рыб в облучаемый объём отчётливо регистрировалось на эхограмме, и такие эхосигналы исключались из обработки. Дополнительный контроль регистрации осуществлялся визуально, прозрачность воды и глубина бассейна позволяли отчётливо видеть рыб во всей толще воды и при попадании двух и более целей эти записи маркировались и в дальнейшем исключались из обработки. После проведения гидроакустических измерений рыбы извлекались из бассейна, измерялась длина (по Смиту) и вес каждой рыбы. Затем в бассейн запускалась следующая группа рыб. Измерения были выполнены в два эта-

па: в мае 2015 г. были отобраны 88 рыб в размерном диапазоне от 20 до 37 см и в сентябре 2015 г. — 100 рыб в размерном диапазоне от 26 до 59 см.

В мае для измерений были выбраны три контрольные группы рыб численностью 19, 32 и 37 экз., в сентябре — пять разноразмерных групп численностью 14, 20, 23, 21 и 22 экз.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве примера регистрации на эхограммах отдельных рыб на рисунках 4 и 5 представлены фрагменты эхограмм, записанные в процессе измерений при фиксированном положении антенны в центре бассейна и при ручном сопровождении рыбы. Контур дна на рисунке 5 неровный по причине ручного сопровождения рыбы, так как при этом невозможно обеспечить постоянную глубину от антенны в отличие от ситуации, когда антенна жёстко закреплена в центре бассейна. Также на рисунках 4 и 5 представлены гистограммы распределений TS отдельных рыб, о контурных прямоугольниках.

На рисунке 6 представлена итоговая гистограмма размерного ряда всех 88 экспериментальных рыб майского эксперимента, на рисунке 7 — зависимость массы рыбы (W , г) от её

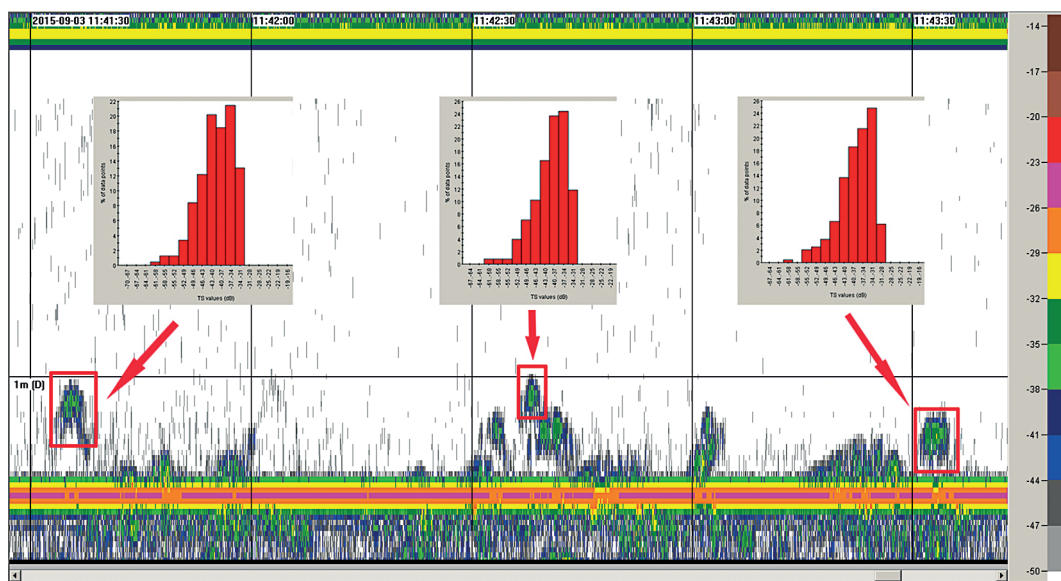


Рис. 4. Фрагмент эхограммы регистрации отдельных рыб в процессе измерений при фиксированном положении антенны в центре бассейна с гистограммами распределения TS рыб, заключённых в пределах выделенного квадрата

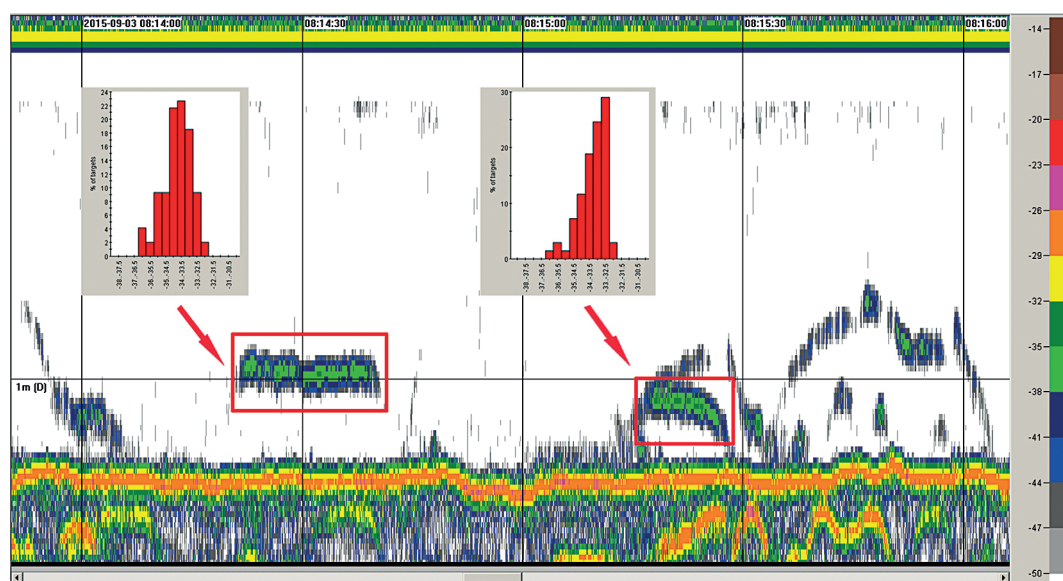


Рис. 5. Фрагмент эхограммы регистрации отдельных рыб в процессе измерений при ручном сопровождении рыбы с гистограммами распределения TS рыб, заключённых в пределах выделенного квадрата

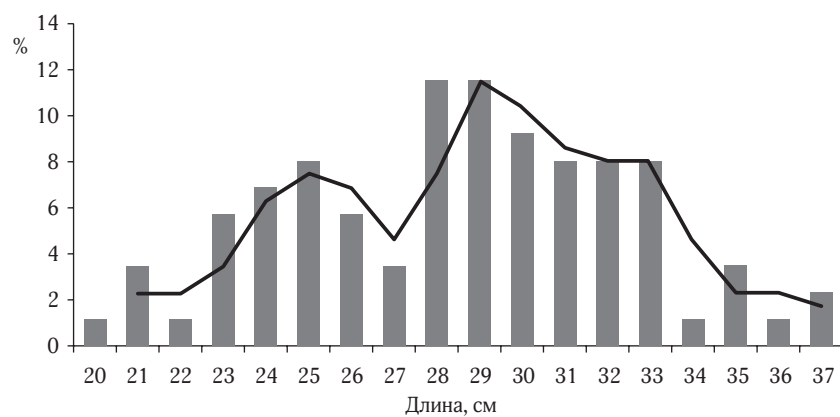


Рис. 6. Гистограмма размерного ряда рыб, отобранных для майского эксперимента

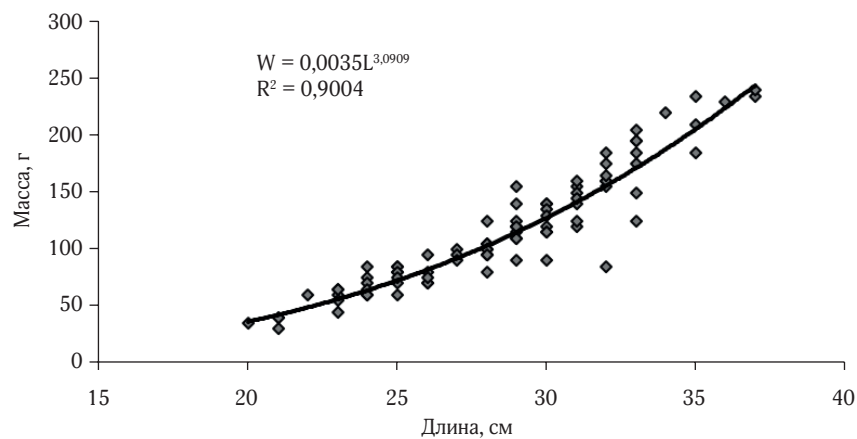


Рис. 7. Зависимость массы рыбы (W , г) от её длины (L , см) по результатам промеров экспериментальных рыб в мае 2015 г.

длины (L , см). Также на рисунке 7 представлена функциональная зависимость W от L с высокой степенью достоверности $R^2 = 0,9$.

В таблице 2 представлены результаты статистического анализа промеров рыб каждой из трёх экспериментальных групп и измерений их TS. В столбце «Количество измерений» TS каждое измерение соответствует одному излучённому импульсу.

Наиболее близкие рассчитанные значения TS к измеренным получаются при использовании уравнения:

$$TS \text{ (дБ)} = 20 \log L \text{ (см)} - 70 \quad (3)$$

для частоты 200 кГц и размерного диапазона рыб от 41 до 50 см. В таблице 3 представлены результаты измеренных средних значений TS и рассчитанных по формуле (1) для соответствую-

ющих средних значений длин в каждой экспериментальной группе. Также в последней колонке таблицы представлена разница между измеренными и рассчитанными значениями ΔTS для соответствующего среднего размера в каждой экспериментальной группе. Разница невелика, и данное уравнение можно использовать и для определения TS для размеров от 20 до 37 см, характерных для молоди осетровых рыб.

В сентябре 2015 г. были продолжены эксперименты с подростом за период с мая по сентябрь молодью. На рисунке 8 представлена итоговая гистограмма размерного ряда всех 100 экспериментальных рыб, на рисунке 9 — зависимость массы рыбы (W , г) от её длины (L , см). Также на рисунке 9 представлена функциональная зависимость W от L с высокой степенью достоверности $R^2 = 0,96$.

Таблица 2. Результаты статистического анализа длин, масс и TS осетровых рыб каждой экспериментальной группы

Параметры	Средневзвешенное значение	Диапазон		Количество	Дисперсия	Стандартное
		минимум	максимум	измерений		отклонение
Промер № 1						
Длина, см	31,5	28	37	19	5,71	2,39
Масса, г	161	85	235	19	1653,5	40,7
TS, дБ	−40,4	−50,0	−30,7	598	21,39	4,62
Промер № 2						
Длина, см	28,5	21	37	32	18,37	4,29
Масса, г	130	40	510	32	1653,5	40,7
TS, дБ	−40,6	−50,0	−29,9	5762	7304,74	85,47
Промер № 3						
Длина, см	27,0	20	35	37	13,03	3,61
Масса, г	94	30	235	37	1632,8	40,4
TS, дБ	−41,4	−50,0	−31,2	4081	19,69	4,44

Таблица 3. Результаты расчёта средних значений размеров рыб и TS (по результатам измерений и по формуле (3) для каждой экспериментальной группы

Номер промера	Длина рыбы, см			TS			Расчётные значения	
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее	TS	ΔTS
1	28	37	31,5	-50,0	-30,7	-40,4	-40,0	-0,4
2	21	37	28,5	-50,0	-29,9	-40,6	-40,8	0,2
3	20	35	27,0	-50,0	-31,2	-41,4	-41,4	0,0

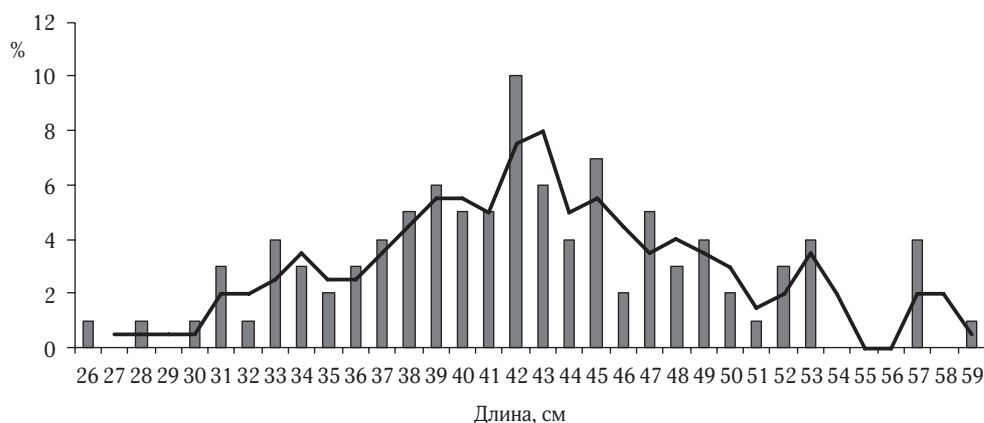


Рис. 8. Гистограмма размерного состава рыб, отобранных для сентябрьского эксперимента

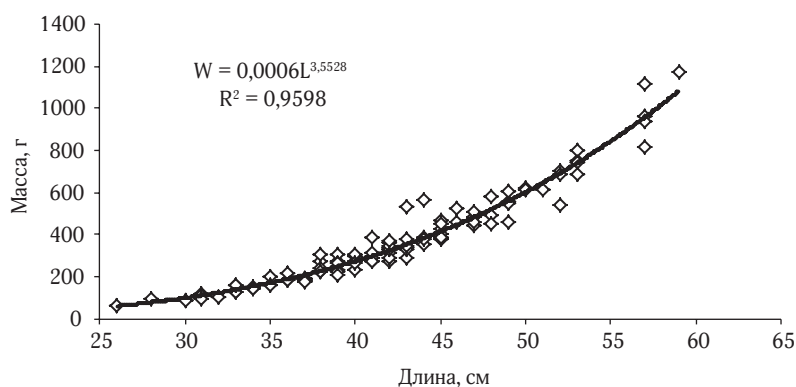


Рис. 9. Зависимость массы рыбы (W , г) от её длины (L , см) по результатам промеров экспериментальных рыб в сентябре 2015 г.

В таблице 4 представлены результаты статистического анализа промеров рыб каждой из пяти экспериментальных групп и измерений их TS.

В таблице 5 представлены результаты измеренных средних значений TS и рассчитанных по формуле (3) для соответствующих средних значений длин в каждой экспериментальной группе. Также в последней колонке таблицы представлена разница между измеренными и рассчитанными значениями ΔTS для соответствующего среднего размера в каждой экспериментальной группе.

Отклонения средних измеренных значений TS в каждой группе от рассчитанных по формуле (3) для средних значений длин варьировали от 0,71 до 1,48 дБ, что говорит о невысокой точности уравнения для диапазона от 26 до 59 см. В связи с этим, добавив к полученным данным результаты измерений за май этого года (табл. 3), можно получить собственную

зависимость TS от длины (L) для более широкого размерного диапазона.

На рисунке 10 представлена зависимость TS бестера от десятичного логарифма длины L (см) для частоты 200 кГц, построенная по результатам экспериментальных работ в мае и сентябре 2015 г.

В результате интерполяции экспериментальных данных была получена новая функция:

$$TS \text{ (дБ)} = 20 \log L \text{ (см)} - 70,56 \quad (4)$$

со степенью достоверности $R^2 = 0,657$.

В таблице 6 представлены результаты измеренных средних значений TS и рассчитанных по формуле (4) для соответствующих средних значений длин в каждой экспериментальной группе по данным работ в мае и сентябре 2015 г. В последней колонке таблицы представлена разница между измеренными и рассчитанными значениями ΔTS для соот-

Таблица 4. Результаты статистического анализа длин, масс и TS осетровых рыб каждой экспериментальной группы

Параметры	Средневзвешенное значение	Диапазон		Количество измерений	Дисперсия	Стандартное отклонение
		минимум	максимум			
Промер № 1						
Длина, см	50,86	41	59	14	30,9	5,56
Масса, г	691,07	375	1170	14	75050,6	273,95
TS, дБ	−37,40	−50,0	−26,11	10572	22,46	4,73
Промер № 2						
Длина, см	43,78	38	50	20	10,78	3,28
Масса, г	379,75	270	625	20	11459,14	107,05
TS, дБ	−37,92	−50	−24,37	13147	22,44	4,73
Промер № 3						
Длина, см	34,3	26	41	23	15,77	3,97
Масса, г	161,43	63	305	23	3923,26	63,64
TS, дБ	−38,41	−50	−29,86	6353	20,06	4,47
Промер № 4						
Длина, см	39,33	34	44	21	8,03	2,83
Масса, г	260,71	140	380	21	4643,21	68,14
TS, дБ	−39,26	−50	−24,82	9615	20,09	4,48
Промер № 5						
Длина, см	47,318	42	57	22	17,65	4,2
Масса, г	515,68	325	815	22	18436,41	135,78
TS, дБ	−37,98	−50	−25,05	15682	21,60	4,64

Таблица 5. Результаты расчёта средних значений размеров рыб и TS по результатам измерений в сентябре 2015 г. и по формуле (3) для каждой экспериментальной группы

Номер промера	Длина рыбы, см			TS, дБ			Расчётные значения	
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее	TS	ΔTS
1	41	59	50,86	-50	-26,1	-37,40	-35,87	1,52
2	38	50	43,6	-50	-24,4	-37,92	-37,21	0,71
3	26	41	34,3	-50	-29,8	-38,41	-39,29	-0,88
4	34	44	39,33	-50	-24,8	-39,26	-38,11	1,15
5	42	57	47,32	-50	-25,0	-37,98	-36,50	1,48

ветствующего среднего размера в каждой экспериментальной группе.

Вновь полученное уравнение (4) при расчёте TS даёт меньшие расхождения с измеренными значениями TS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным, представленным в научных публикациях, было показано, что резуль-

таты расчётов силы цели осетровых рыб по обобщённым уравнениям и непосредственно измеренные значения существенно отличаются друг от друга. В связи с этим использование обобщённого уравнения может привести к значительным ошибкам при вычислениях численности и биомассы по данным гидроакустических съёмок. Следовательно, в расчётах необходимо использовать уравнения, полученные

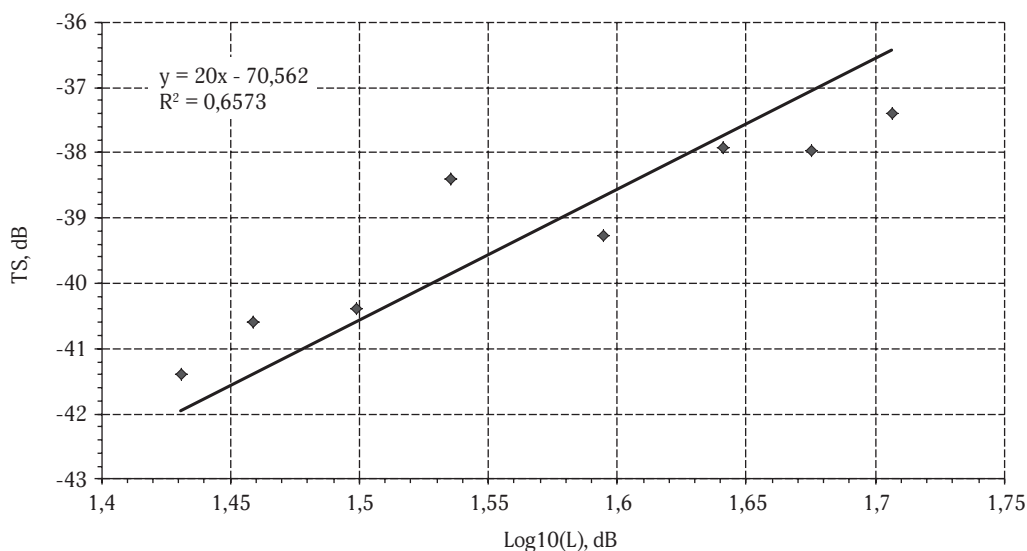


Рис. 10. Измеренные усреднённые значения TS и логарифмические средние значения длин рыб каждой размерной группы по результатам экспериментов во втором (май) и третьем (сентябрь) кварталах 2015 г. и интерполированная функция TS (дБ) от L (см) со степенью достоверности $R^2 = 0,66$

Таблица 6. Результаты расчёта средних значений размеров рыб и TS по результатам измерений и по формуле 4 для каждой экспериментальной группы по результатам измерений в мае и сентябре 2015 г.

Номер промера	Длина рыбы, см			TS, дБ			Расчётные значения	
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее	TS	ΔTS
1 (май)	28	37	31,5	-50	-30,7	-40,4	-40,59	-0,19
2 (май)	21	37	28,5	-50	-29,9	-40,6	-41,46	-0,86
3 (май)	20	35	27,0	-50	-31,2	-41,4	-41,93	-0,53
1 (сентябрь)	41	59	50,86	-50	-26,1	-37,40	-36,43	0,96
2 (сентябрь)	38	50	43,6	-50	-24,4	-37,92	-37,77	0,15
3 (сентябрь)	26	41	34,3	-50	-29,8	-38,41	-39,85	-1,45
4 (сентябрь)	34	44	39,33	-50	-24,8	-39,26	-38,67	0,59
5 (сентябрь)	42	57	47,32	-50	-25,0	-37,98	-37,06	0,91

по результатам экспериментальных измерений TS осетровых рыб.

В результате выполненных исследований было рассчитано уравнение силы цели молоди бестера в зависимости от длины тела для размерных групп от 20 см, которое рекомендуется использовать в расчётах при количественной оценке молоди осетровых по результатам гидроакустических съёмок научными однолучевыми и многолучевыми эхолотами с частотой заполнения импульсов излучения 200 кГц. Использование данного уравнения позволит оценивать численность и биомассу осетровой молоди с большей степенью достоверно-

сти. Многие современные гидроакустические средства (эхолоты фирмы Simrad EK-500, EY-500, EK-60, EY-60, EK-15; американский научный эхолот BioSonics DT-6000; российский многолучевой гидролокатор секторного обзора ПЛС), предназначенные для проведения ресурсных исследований на внутренних водоёмах и прибрежных морских акваториях, в том числе и на мелководьях Северного Каспия, имеют аналогичные частоты, и выведенная зависимость может быть использована при обработке данных, полученных этими устройствами.

ЛИТЕРАТУРА

- Булгакова Т.И., Бабаян В.К., Васильев Д.А., Михайлов А.И., Сафаралиев И.А. 2014. Проблемы совершенствования траловых съёмок осетровых Каспийского моря // Труды ВНИРО. Т. 151. С. 36–51.
- Гидроакустическая энциклопедия. 1999. Таганрог: Изд-во Таганрогского государственного радиотехнического университета. 172 с.
- Урик Дж. 1978. Основы гидроакустики. Л.: Судостроение. 331 с. (Urlick R.J. 1975. Principles of underwater sound. McGraw-Hill Book Company. 331 p.)
- Reine K., Clarke D., Dickerson C., Hager C., Balazik M., Garmin G., Spells A., Frederickson C. 2010. The relationship between acoustic target strength and body length for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*). ERDC TN-DOER-E27. October 2010. 24 p.
- Nealson P.A., Tritt G.W. 2003. Feasibility assessment of split-beam hydroacoustic techniques for monitoring shortnose sturgeon in the Delaware river. HTI Project P1372 prepared for: Environmental Research and Consulting, Inc. 112 Commons Court Chadds Ford. PA 19317. 39 p.
- Zhang H., Wang C.Y., Yang D.G., Du H., Wei Q.W., Kang M. 2014. Spatial distribution and habitat choice of adult Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray, 1835) downstream of Gezhouba Dam, Yangtze River,

China // J. Appl. Ichthyol. 1–9. Blackwell Verlag Gmb H.

- McQuinn I.H., Nellis P. 2007. An acoustic-trawl survey of middle St. Lawrence Estuary demersal fishes to investigate the effects of dredged sediment disposal on Atlantic sturgeon and lake sturgeon distribution // American Fisheries Society Symposium. № 56. P. 257–271.

REFERENCES

- Bulgakova T.I., Babayan V.K., Vasil'ev D.A., Mikhailov A.I., Safaraliev I.A. 2014. Problemy sovershenstvovaniya tralovyh s'emok Kaspijskogo morya [Aspect of improvement of Caspian sturgeon trawl survey methodology] // Trudy VNIRO. T. 151. S. 36–51.
- Gidroakusticheskaya entsiklopediya [Hydroacoustic encyclopedia]. 1999. Taganrog: Izd-vo Taganrogsckogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta. 172 s.
- Urlick R.J. 1978. Osnovy gidroakustiki [Principles of underwater sound]. L.: Sudostroenie. 331 s.

Поступила в редакцию 12.02.16 г.
Принята после рецензии 24.05.16 г.

The target strength (TS) measurement of bester's juveniles (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) for the frequency of 200 kHz

S.M. Goncharov, S.B. Popov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO", Moscow)

Sturgeon species are the most important commercial species. The accuracy of biomass estimates of these fish is more important, because it influences on the efficiency of the exploitation of their resources. The hydroacoustic method of estimation of water bioresources has found wide application in the world, including the sturgeon fishes. Fish target strength is one of the main parameter for quantity and biomass determination within the water area of hydroacoustic survey. Equation of fish target strength from its length depends on species and operational frequency. The more equation of fish target strength is exact, the more results of quantitative estimation are reliable. This article represents the data of sturgeon's target strength and the results of target strength measurements of bester's juveniles (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) for the frequency of 200 kHz, which has been carried out on the basis of FSBSI "VNIR" experimental fish-breeding complex. By the results of the estimation the equation of bester's juveniles (size range — from 20 cm and more) target strength was calculated:

$$TS (\text{дБ}) = 20 \log L (\text{см}) - 70,56.$$

This equation is recommended to use for determination of quantity and biomass of sturgeon's juveniles based on the results of acoustic survey, using hydroacoustic equipment with operational frequency of 200 kHz.

Key words: equation of fish target strength, hydroacoustic survey, sturgeon, bester's juveniles, estimation of target strength, scientific echo-sounder.