

УДК 639.2.053.7:639.212(262.81)

### Анализ методов, применяемых для оценки и прогнозирования запасов каспийских осетровых рыб

Т.И. Булгакова<sup>1</sup>, И.Н. Лепилина<sup>2</sup>, И.А. Сафаралиев<sup>2</sup>, Г.Ф. Довгопол<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)

<sup>2</sup> Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ», г. Астрахань)  
e-mail: tbulgakova@vniro.ru

В последние годы проблема сохранения осетровых рыб (Acipenseridae) Каспия вызывает серьёзные опасения всех прикаспийских государств. Огромные масштабы нелегального вылова, преимущественно изымающего половозрелых самок, неблагоприятная гидрологическая обстановка, недоступность естественных нерестилищ и др. привели к значительному снижению запасов осетровых рыб, нагуливающих в северной части Каспийского моря. После введения моратория на промышленный лов каспийских осетровых (с 2000 г. — белуги, а с 2005 г. — осетра и севрюги) их изъятие разрешено только для научных целей (НИР) и искусственного воспроизводства. В результате ряды данных прерваны, и в последующие годы стало невозможно применять математические модели, использовавшиеся для оценки этих запасов до 2004 г. По результатам траловых съёмок можно получить оценку запаса русского осетра в текущий год с точностью около 30%. Для персидского осетра оценки запаса на основе съёмок ненадёжны из-за малой выборки. Белуга и севрюга в последние годы практически не попадают в тралы. Для оценки этих запасов рекомендуется применять метод DB-SRA [Dick, MacCall, 2011], применяемый при бедном информационном обеспечении. Этот метод позволяет оценить и биологические ориентиры управления, и изменение биомассы запаса по годам, и величину «девственного» запаса. В условиях моратория для каждого запаса обосновывают две величины: общий допустимый улов (ОДУ), который формально рассчитывается как сумма квот на нужды искусственного воспроизводства и НИР, и биологически допустимый лимит вылова (БДЛ), который рассчитывается с учётом текущего состояния и тенденций в динамике запаса тем же методом, который применялся для оценки ОДУ согласно предосторожному подходу до введения моратория. Если для данного запаса величина ОДУ меньше БДЛ, она может быть рекомендована на прогнозный год. Такая процедура проводится для каспийских осетровых на основе выбранного двухзонального правила регулирования.

**Ключевые слова:** осетровые Acipenseridae, Каспийское море, методы оценки запасов, ОДУ.

#### ВВЕДЕНИЕ

Процедура определения режима промысла, соответствующего рациональному регулированию популяции, состоит из нескольких основных этапов:

— анализ существующей информационной базы для оценки запаса;

— выбор метода оценки запаса в зависимости от имеющейся информации и проведение процедуры оценки запасов;

— выбор метода прогнозирования запаса в зависимости от реализованного метода оценки запаса; прогноз величины запаса (численности и биомассы) на 1, 2 и более лет;

— выбор правила регулирования, оценка ориентиров управления (параметров выбранного правила) и расчёт рекомендованной доли изъятия из запаса и соответствующей этой доле величины ОДУ.

В случае, когда для оценки запаса выбирается один из когортных методов, использующий в качестве входной информации возрастной состав уловов, то и оценка запаса в терминальный год получается с возрастной структурой. Если запас оценивается с помощью учётных съёмок, при обработке полученных данных определяется возраст особей и объём полученной выборки значителен, то с приемлемой надёжностью определяется возрастная структура промыслового запаса. В этих двух случаях прогнозирование численности (и биомассы) запаса целесообразно проводить по тем же формулам, которые использовались в когортном анализе, но теперь расчёт следует вести вперёд во времени. При этом используется определённый ранее коэффициент естественной смертности, а улов в промежуточный год приравнивается к значению ОДУ, определённого год назад. Если существует нелегальный или неучтённый вылов, то при прогнозировании запаса его тоже следует учитывать.

Если же возраст особей не определяется или выборка для определения возраста не позволяет достаточно надёжно получить возрастную структуру запаса, то величина запаса оценивается как скалярная величина, в виде общей численности и/или биомассы популяции. В таком случае для прогнозирования необходимо, чтобы оценка запаса имела не только для терминального года, но и для ряда предшествующих ему лет. Тогда можно использовать процедуру анализа временных рядов, позволяющую оценить тренд и отклонения от него.

Временной ряд (time series) — это ряд последовательных значений некоторого показателя, характеризующий изменение его во времени, обычно через равные интервалы. В нашем случае это динамика численности или биомассы запаса с интервалом в год. При про-

гнозировании временных рядов предполагается, что данные о величине запаса, полученные в прошлом, помогают объяснить значения в будущем. Хотя всегда надо иметь в виду, что в прогнозные годы могут смениться факторы, лимитирующие численность запаса в предыдущий период. С помощью полученного тренда можно прогнозировать среднее значение величины запаса, а анализ отклонений в исторический период даст возможность оценить точность прогнозной величины.

В данной работе рассмотрены методы, применяемые для оценки прогнозирования состояния запасов осетровых рыб Каспия, а также для определения рационального режима их использования.

Биостатистический метод был разработан отечественными учёными — А.Н. Державиным [1922] и его последователями [Бойко, 1962; Монастырский, 1952]. Этот метод основан на многолетних данных по возрастной структуре уловов, взятых из данного запаса. Численность поколения в некоторый предыдущий год приравнивается к сумме уловов из этого поколения в течение всех последующих лет промысла. Этот метод даёт заниженные оценки запаса, поскольку не учитывает естественную смертность, но он позволяет улавливать тенденции изменения запаса. Можно сказать, что он оценивает индексы запаса.

В течение многих лет запас осетровых рыб Каспия оценивался тралово-акустическими съёмками. В 1980—1990 гг. съёмки проводились ежегодно сотрудниками КаспНИРХ и его отделений [Ходоревская и др., 2007, 2012; Васильева и др., 2012]. При съёмках используются исследовательские орудия лова — 24,7-метровые тралы в Среднем и Южном Каспии и в приглубой части Северного и 9-метровые в мелководной части Северного Каспия. Количество станций равно 450 (для примера взята летняя съёмка), из них 156 станций в Северном Каспии (Россия и Казахстан), и 132 — в Среднем (Россия, Казахстан, Азербайджан) и 156 станций в Южном (Иран, Азербайджан, Туркменистан) [Инструкции по сбору..., 2011].

В некоторые годы (2004—2006 гг.) съёмки проводились комплексно научными судами разных стран и по всей акватории, затем учё-

ные обменивались полученными материалами. После 2007 г. ФГБНУ «КаспНИРХ» проводит съёмки только на акватории, прилегающей к РФ. Материалы результатов съёмки обрабатываются с помощью специального программного пакета ArcView, а затем оценивается численность запаса разных видов осетровых, а точнее — индексы запасов, поскольку коэффициенты уловистости орудий лова определены приблизительно. Они считаются неизменными по годам, но отличаются по типам тралов и видам рыб. В результате съёмок определяли запас, получали видовой состав уловов, линейно-весовую и возрастную структуру запаса каждого вида осетровых рыб в море.

Первая попытка применить когортную модель для оценки численности русского осетра была предпринята Д.А. Васильевым с соавторами [Васильев, 2001; Vasilyev et al., 1989; 1990]. До распада СССР промысел каспийских осетровых велся практически исключительно в реке во время нерестового хода, но осетровые рыбы нерестятся не каждый год, а определение межнерестового интервала представляет собой сложную задачу. Потому авторы разработали модификацию когортной модели, в которой промысловая смертность действовала не на всё поколение половозрелой части запаса, а только на некоторую его часть, определяемую продолжительностью межнерестовых интервалов, которые считались неизменными по годам.

В следующий раз сотрудники ВНИРО и КаспНИРХ обратились к когортным методам для оценки запасов осетровых рыб в 2004–2006 гг. Данные по возрастному составу уловов русского осетра и севрюги были доступны по 2003 г. включительно, для 2004 г. получены экстраполяцией. После распада СССР на запасы осетровых сильно возросло влияние нелегального промысла, который подорвал запасы как в море, так и в реке. Оценить возрастной состав нелегальных уловов и его величину сложно. С помощью когортной модели, основанной на данных по возрастному составу только официальных уловов русского осетра (а позже и севрюги), был определён запас только части популяции, названной «условным промысловым запасом осетра, который облавливается легальным промыслом

в российской зоне» [Бабаян и др., 2006]. Для настройки модели использованы численность и возрастная структура промыслового запаса по годам, оценённые по морским съёмкам за период 1985–2004 гг.

Поскольку с 2005 г. введён мораторий на коммерческий промысел каспийских осетровых рыб, ряды данных были прерваны, и в последующие годы стало невозможно применять и биостатистический метод, и когортную модель для оценки этих запасов. Уловы резко снизились и перестали характеризовать состояние запаса (быть индексом запасов), потому возросла роль тралово-акустических методов.

Традиционно российская зона ответственности в Каспийском море разделена на 3 подрайона (страты): Численность осетровых рыб оценивается отдельно для каждой страты. Предложен [Булгакова и др., 2013, 2014 а, 2014 б] модифицированный метод оценки необходимого количества тралений для получения оценки общей численности запаса с заданной точностью и доверительной вероятностью, при этом учитываются различия орудий лова в разных стратах. В настоящее время съёмки являются основным методом оценки численности запаса русского осетра. В последние годы оценку запасов белуги и севрюги по съёмкам получить не удаётся, поскольку эти виды практически не попадают в тралы. Возрастной состав персидского осетра, полученный по морским съёмкам, ненадёжен из-за малой величины выборки.

Параллельно в прежние годы собирались данные по нерестовому запасу на тоневых участках Главного, Кировского и Белинского банков р. Волги, и эти данные были основой для прогнозирования величины нерестового запаса. В последние же годы на нерестовых путях производителей встречаются браконьерские сети и проведению работ в речной зоне мешают введённые на период лова ограничения, в связи с чем ежегодная оценка численности пропущенных на нерестилища производителей стала недостоверной.

Оценка и прогнозирование нерестового запаса белуги и севрюги на 2016 г. рассчитывались по данным пополнения от естественного и искусственного воспроизводства соответствующих поколений, которые формируют

запас на прогнозный год, с использованием коэффициентов промыслового возврата от естественного и искусственного воспроизводства. Например, для белуги прослежена судьба поколений от 1975 г. до 2004 г.; для каждого поколения известна величина выпуска искусственной молоди, коэффициент промыслового возврата (КПВ) принят равным 0,01%, возрастной состав популяции при этом принимался равным среднесноголетнему. Для севрюги дополнительно учитывался промысловый возврат от численности молоди, скатившейся с естественных нерестилищ. Конечно, таким методом можно получить только приблизительную оценку запаса, поскольку с годами возрастной состав запаса изменился в сторону омоложения, но с другой стороны, технология получения укрупнённой молоди должна привести к увеличению КПВ. Полученные таким методом оценки запаса следует считать экспертными оценками.

Для этих двух видов осетровых рыб можно рекомендовать применение методологии, разработанной для запасов с бедной информационной базой. Одним из вариантов прогнозирования биомассы или численности запаса может быть регрессионный метод. Его можно рассматривать как частный случай экстраполяции временных рядов. Например, если для ряда предыдущих лет по траловым съёмкам оценены промысловые запасы (или нерестовые их

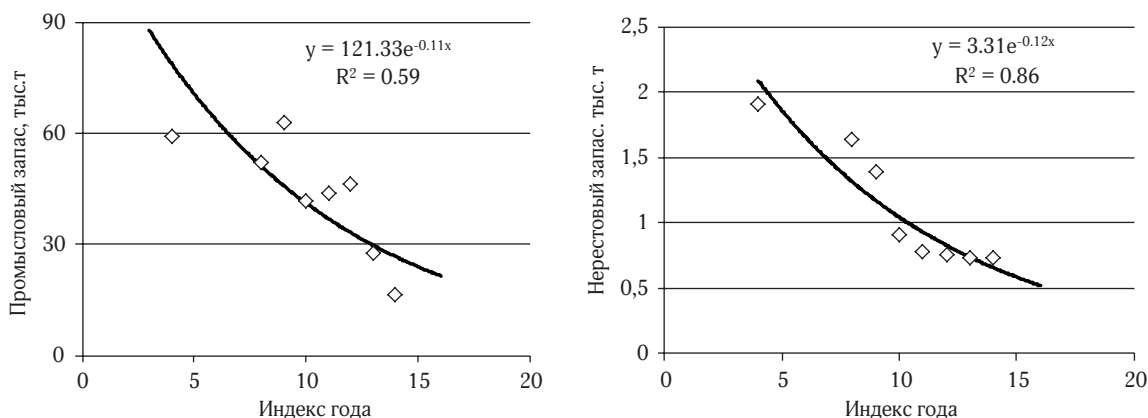
части), то такой ряд можно аппроксимировать теоретической кривой (провести линию тренда). Зная её параметры, экстраполировать эту кривую на 2 года вперёд. Такие расчёты были проведены во ВНИРО для каспийской севрюги в 2005 г. [Отчет о НИР по госконтракту № 7–01..., 2005], результаты показаны в таблице 1 и на рисунке 1.

Как видно из таблицы 1, в данном случае регрессия даёт заниженные оценки нерестового запаса для прогнозных лет, на самом деле скорость снижения запаса с годами уменьшилась (цифры в скобках), а в 2007–2009 гг. запас был на уровне 0,77 тыс. т.

Рассмотрим метод DB-SRA, предложенный для оценки запасов с бедным информационным обеспечением [Dick, MacCall, 2011], который позволяет оценить и биологические ориентиры ( $MSY$ ,  $B_{MSY}$ ), и величину вылова при промысле с коэффициентом смертности равным  $F_{MSY}$ , а также значения биомассы запаса по годам и первоначальную биомассу необлавливаемого запаса  $K$ . В качестве входной информации необходимо иметь ряд примерных оценок уловов (считается, что уловы известны с начала эксплуатации запаса), коэффициент естественной смертности  $M$ , отношение  $F_{MSY}/M$  и относительное значение биомассы в один из последних лет ( $T$ ),  $B_T/K$ . Поскольку все входные параметры оценены с ошибкой, их заменяют априорными вероятностными рас-

**Таблица 1.** Оценки величины промыслового запаса каспийской севрюги и её нерестовой части, полученные сотрудниками КаспНИРХ на основе морских съёмок, в тыс. т. Две нижние строки — прогнозные значения, полученные по уравнениям регрессии, приведённым на рисунке 1 [Отчет о НИР по госконтракту № 7–01..., 2005]; в скобках — оценки, полученные в последующие годы

| Год  | Индекс года | Биомасса промыслового запаса, тыс. т | Нерестовая биомасса, тыс. т |
|------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1994 | 4           | 59,3                                 | 1,906                       |
| 1998 | 8           | 51,9                                 | 1,637                       |
| 1999 | 9           | 62,8                                 | 1,398                       |
| 2000 | 10          | 41,8                                 | 0,908                       |
| 2001 | 11          | 43,8                                 | 0,783                       |
| 2002 | 12          | 46,3                                 | 0,76                        |
| 2003 | 13          | 27,8                                 | 0,74                        |
| 2004 | 14          | 16,25                                | 0,73                        |
| 2005 | 15          | 24,21                                | 0,55 (0,68)                 |
| 2006 | 16          | 21,73                                | 0,49 (0,76)                 |



**Рис. 1.** Прогноз промыслового запаса севрюги и его нерестовой части (в тыс. т) на 2005–2006 гг. на основе уравнений регрессии в виде экспоненциальной функции. По оси абсцисс отложены индексы лет согласно таблице 1 — из [Отчет о НИР по госконтракту № 7-01..., 2005]

пределениями. С помощью этих распределений проводят имитации Монте-Карло и рассчитывают значения биомассы запаса по годам по конечно-разностному уравнению:

$$B_t = B_{t-1} + P(B_{t-a}) - C_{t-1}, \quad (1)$$

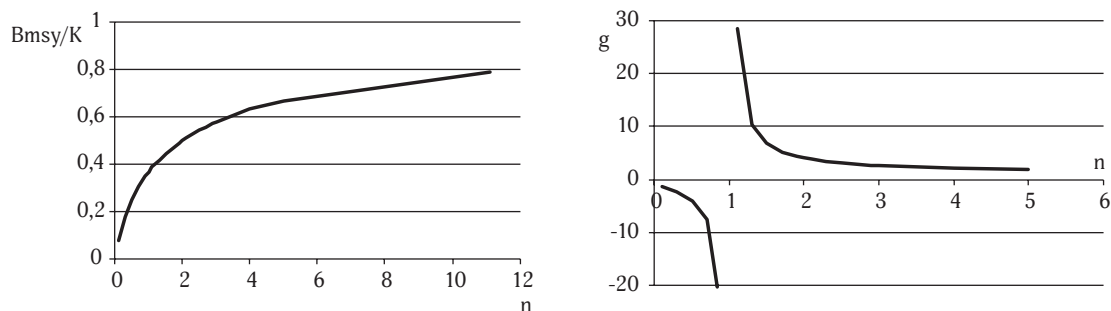
где  $C$  — вылов;  $B_t$  — биомасса в момент  $t$ ;  $P(B_{t-a})$  — годовая продукция, которая является функцией биомассы запаса  $a$  лет назад (здесь  $a$  — средний возраст созревания особей в популяции).

Функция продукции  $P(B)$  в общем случае может иметь разную форму, но авторы [Dick, MacCall, 2011] использовали гибридную модель, сочетание модели Шефера при  $B < B_{join}$  и модели РТФ при  $B \geq B_{join}$ , где  $B_{join}$  — точка пересечения уравнений двух моделей (2) и (3). Модель РТФ — модификация Флетчера [Fletcher, 1978] модели Пелла-Томлинсона [Pella, Tomlinson, 1969] — имеет вид:

$$P(t) = gm(B_{t-a}/K) - gm(B_{t-a}/K)^n. \quad (2)$$

Показатель экспоненты  $n > 0$  определяет асимметричность функции  $P(B)$ ,  $g = n^{n/(n-1)}/(n-1)$  — функция одного аргумента ( $g > 0$  при  $n > 1$  и  $g < 0$  при  $0 < n < 1$ ),  $m$  — максимум продукции (равный  $MSY$ );  $K$  — значение необлавливаемой биомассы,  $B_{MSY}/K = n^{1/(1-n)}$  для  $n \neq 1$ , и  $B_{MSY}/K = e^{-1} \approx 0,37$  при  $n = 1$  (рис. 2).

Авторы [Dick, MacCall, 2011] предлагают использовать гибридную модель Шефера-РТФ, поскольку продукционная функция РТФ приводит к нереально высоким значениям отношения продукции к биомассе ( $P/B$ ) при низких значениях биомассы, т. е. в случае сильно скошенной продукционной кривой (особенно при  $B_{MSY}/K < e^{-1} \approx 0,37$ ). Гибридная модель принимает форму функции РТФ для  $B > B_{join}$  (точка пересечения двух функций)



**Рис. 2.** Две вспомогательные функции продукционной модели (2). При  $n = 1$   $B_{MSY}/K(1) = e^{-1} \approx 0,37$ ; а  $g(1)$  не определена

и форму модели Шефера для  $B < B_{join}$ . Модель Шефера в данном случае записывается в виде:

$$\begin{aligned} & \rho(B_{t-a} < B_{join}) = \\ & = B_{t-a} \left( \frac{\rho(B_{join})}{B_{join}} + A(B_{t-a} - B_{join}) \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициент  $c$  в (3) определяется по формуле:

$$A = \{(1 - n)gmB_{join}^{n-2}K^n\}.$$

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА МОДЕЛИ

Для каждой реализации модели (авторы проводят всего 10000 реализаций) проводятся расчёты по шагам 1–7:

1) По заданным вероятностным распределениям каждого из 4 входных параметров ( $M$ ,  $F_{MSY}/M$ ,  $B_{MSY}/K$ ,  $B_T/K$ ) случайно выбирается по одному значению.

2) По выбранным значениям  $M$  и  $F_{MSY}/M$  рассчитывают  $F_{MSY}$ , а затем коэффициент эксплуатации на уровне  $MSY$ :

$$\begin{aligned} U_{MSY} &= \left[ F_{MSY} / (F_{MSY} + M) \right] \times \\ &\times \left[ 1 - \exp(- (M + F_{MSY})) \right]. \end{aligned}$$

3) По значению  $B_{MSY}/K$  и зависимости  $B_{MSY}/K = n^{1/(1-n)}$  однозначно определяют  $n$ , а затем рассчитывают  $g(n)$ .

4) Выбирают начальное значение параметра  $K$ , затем рассчитывают:

$$m = K \frac{B_{MSY}}{K} U_{MSY}.$$

5) Если  $B_{MSY}/K < 0,5$ , определяют  $B_{join}$  по уравнениям:

если  $B_{MSY}/K < 0,3$ ,  $B_{join}/K = 0,5B_{MSY}/K$ ;  
если  $0,3 < B_{MSY}/K < 0,5$ ,  $B_{join}/K = 0,75 \times (B_{MSY}/K) - 0,075$ .

Если  $B_{MSY}/K > 0,5$ , используется модель РТФ для всех значений биомассы  $B$ .

6) Расчёт по уравнению (1): последовательно оцениваются значения продукции по формулам (2) или (3) и биомассы от  $B = K$  до  $B_T$ .

7) Итеративно подбирается такое значение  $K$ , при котором отношение биомассы в год  $T$  к  $K$  будет равно его заданному (входному) значению  $B_T/K$ .

Траектории, в которых хотя бы для одного года получается отрицательное значение биомассы, отбрасываются. По оставшимся реализациям рассчитываются апостериорные распределения вероятности для биологических ориентиров по биомассе и по промысловой смертности и для каждого из параметров модели оцениваются средние значения и их отклонения. После оценки параметров модель (1) позволит рассчитать не только динамику запаса, но и сделать прогноз запаса на несколько лет вперёд.

Программа модели реализована в программной среде R в пакете DLMtool под именем DBSRA. Информацию об этом пакете программ можно найти в работе [Carruthers et al., 2014].

Модель DB-SRA можно рекомендовать для оценки запасов белуги и севрюги Каспия. Такие расчёты провели Йе и Валбо-Йоргенсен [Ye, Valbo-Jørgensen, 2012] для оценки динамики запаса каспийской севрюги и прогнозирования её запаса при разных сценариях. По литературным данным они оценили средние значения параметров как  $M = 0,12 \text{ год}^{-1}$ ,  $F_{MSY}/M = 0,8$ ,  $B_{MSY}/K = 0,4$ . По данным съёмки 2008 г. получена оценка биомассы в 13234 т [Qiwei, 2010]. Стандартные отклонения взяты равными: 0,1; 0,1; 0,05 и 0,3 соответственно. Вероятностные распределения этих параметров приняты следующие: нормальное для биомассы в 2008 г., бета-распределение для  $B_{MSY}/K$  и логнормальное для  $M$  и  $F_{MSY}/M$ .

Расчёты динамики запаса сначала проводили по модели (1), в которую вводили только официальные уловы и не рассматривали искусственное воспроизводство популяции. Кроме того, исследована и другая модель (4), в которой учитывается влияние ещё двух факторов: нелегального вылова ( $IC_t$ ) и искусственного воспроизводства ( $R_t$ ):

$$B_t = B_{t-1} + P(B_{t-a}) - C_{t-1} - IC_{t-1} + R_{t-1}. \quad (4)$$

Пополнение промыслового стада  $R_t$  для каждого года рассчитывается как произведе-

ние количества сеголетков каспийской севрюги, выпущенных  $a$  лет назад,  $KPB = 0,8\%$  и массы особи в возрасте вхождения в промысловый запас. В величины  $KPB$  и массу особи вносится дополнительная неопределённость. При формировании влияния нелегального вылова  $IC_i$  авторы считали, что он постепенно возрастал от 1990 до 2000 г., а потом установился на постоянном уровне, превышающем легальный вылов в 8 раз.

Расчёты показали, что с 1930-х гг. запас снизился с 230 до 40 тыс. т (в 1980 г.), затем несколько стабилизировался на уровне примерно 13 тыс. т. Запас, соответствующий  $MSY = 5600$  т, равен 87 тыс. т с 90% доверительным интервалом — 52–140 тыс. т.

Для исследования стратегий восстановления запаса выбрана модель (4), для которой были снова оценены параметры. Авторы делают вывод, что если после 2008 г. остановить все виды промысла и прекратить искусственное воспроизводство, то в среднем к 2035 г. запас достигнет уровня, при котором можно получать  $MSY$ , но учитывая неопределённость, с вероятностью 50% восстановление произойдет между 2029 и 2058 гг.

Нужно иметь в виду, что параметры моделей (1) и (4) оценены весьма приблизительно. В частности, П. Вещев с соавторами [Veshchev et al., 1993] оценивают  $KPB$  как 0,9%, а R. Shahifar [2006] как 0,3%, потому проведенные расчёты могут оказаться слишком оптимистичными. Принятый авторами ежегодный выпуск 10 млн. экз. молоди севрюги кажется слишком высоким, во всяком случае, в последние годы выпуск молоди севрюги с ОРЗ России много меньше 1 млн. экз. Нелегальный вылов по нашим оценкам [Бабаян и др., 2008] в 18–20 раз, а не в 8 раз превышал официальным вылов, т. е. ситуация может оказаться ещё более серьёзной.

**Оценка общего допустимого улова (ОДУ) каспийских осетровых.** Для определения оптимальной доли изъятия из нерестовой части осетровых рыб основополагающими стали две работы Э.В. Макарова, проведённые для азовских осетровых (белуги, севрюги и осетра) по материалам мечения [Макаров, 1970 а, 1970 б]. В период с 1964 по 1966 г.

автор проводил мечение нерестовыми марками (всего 4733 спилов лучей) и потому мог в популяции различать повторно и впервые нерестующих рыб.

По этим данным автор определил, что естественная убыль осетра от первого до второго нереста составляет 2%, от второго к третьему — 13%, от третьего до четвёртого — 90% и далее — 100%. Аналогичные расчёты он провёл для разных запасов азовских осетровых. Наибольшие потери запаса от естественной смертности происходили при слабом промысле, а максимальный вылов (по массе) достигался при изъятии 60–70% из нерестовой части популяции. Правильность этих расчётов позже подтвердил Ю.Ю. Марти [1972].

Такая на первый взгляд высокая рекомендуемая интенсивность промысла была вполне допустимой в те годы, так как нерестовая часть запаса осетровых составляет примерно  $1/S$ -ю часть от численности половозрелых рыб, где  $S$  — межнерестовый интервал осетровых рыб. Этот интервал разный у разных видов осетровых и варьирует у разных групп особей, причём, как правило, самцы имеют более низкий  $S$ , чем самки. Так, для волжского осетра по данным мечения [Павлов, Елизаров, 1970] для самцов  $S = 2–3$  г. или выше, для самок  $S = 3–4$  г. и выше. Для севрюги и персидского осетра считается, что  $S = 4$  г. [Методики оценки запасов..., 2011].

Рекомендации Э.И. Макарова были распространены и на каспийских осетровых, хотя, конечно, они справедливы только для высокой численности запаса осетровых рыб. Но в большинстве случаев реальная доля изъятия сильно варьировала по годам. О.Л. Журавлёва [2012] отмечала, что в период 1966–1979 гг. интенсивность промысла осетра была на уровне 19–34% от нерестовой части запаса, а в период с 1980 по 1990 гг. резко возросла, достигая иногда 70%. Запасы же осетровых к 1990 г. уже значительно снизились, т. е. регулирование промысла обычно запаздывало от изменения численности запасов, и высокая его интенсивность в 1990-е гг. оказалась чрезмерной.

Резкому снижению запасов каспийских осетровых способствовали и другие факторы: после распада СССР в 1990-е гг. возобновился морской промысел в Азербайджане и Ка-

захстане, а в Иране морской промысел и не прекращался; начиная с 1990-х гг. резко выросло и браконьерство как в море, так и в реках, ещё ранее из-за постройки гидроэлектростанций на нерестовых реках стали недоступными естественные нерестилища.

В бывших республиках СССР применялись одни и те же методики по проведению съёмок и обработке полученных данных. В частности, в Азербайджане с начала 1960-х гг. проводились морские съёмки с использованием 23-метрового трала, и сотрудник Азербайджанского отделения ЦНИОРХ М.И. Легеза в 1973 г. впервые по данным съёмок 1968–1970 гг. рассчитала абсолютную численность массовых осетровых рыб — осетра и севрюги [Зарбалиева и др., 2006], применив метод площадей. В дальнейшем сотрудники этого отделения ЦНИОРХ ежегодно методом площадей определяли общую численность запасов осетровых рыб, а затем и нерестовую часть запаса и величину ОДУ.

При оценке запасов в море важны оценки коэффициентов уловистости. Эти коэффициенты были приняты одинаковыми для всего Каспийского моря и для 9-метрового трала, работающего на глубинах до 10,0 м, составляют: для русского и персидского осетров и шипа — 0,1; севрюги — 0,07; белуги — 0,04. Коэффициенты уловистости для 24,7-метрового трала, работающего на глубинах свыше 10,0 метров, для русского и персидского осетров приняты равными 0,22; для севрюги и белуги — 0,1.

Существующий метод вычисления интенсивности промыслового изъятия и ОДУ, предложенный Э.В. Макаровым, десятилетиями использовался всеми прикаспийскими странами, кроме Ирана [Зарбалиева и др., 2006]. Методологии, применяемые в Иране для определения ОДУ, нам не известны.

В некоторые годы удавалось провести съёмки по всей акватории моря, что позволяло оценить весь запас каждого вида. Например, в 2001 г. проводились оценки запаса севрюги по всему морю [Власенко и др., 2002], и общий запас севрюги во всём море (без иранской зоны) в 2001 г. составил 14,8 млн. экз. Объём ОДУ каспийской севрюги рассчитан авторами как 16% от прогнозного значения нерестового

запаса, «с учётом того, что 40% от нерестового запаса берётся нелегальным промыслом». Такой подход принципиально неверный: величина ОДУ — это «биологически приемлемая для запаса величина годового вылова, соответствующая долговременной стратегии рационального промыслового использования данного запаса» [Бабаян, 2000], т. е. ОДУ характеризует и продукционные возможности запаса, и применяемое правило регулирования. В данном случае ОДУ севрюги на 2003 г. следовало бы определить как 56% от её нерестовой части, такая оценка близка к рекомендации Э.В. Макарова, но дополнительно для промышленного лова следует рекомендовать только 16%, если браконьерство останется на прежнем уровне.

Общекаспийская комплексная съёмка была проведена на акватории всех прикаспийских государств летом 2004 г., но полноценный обмен материалами съёмок между учёными разных стран так и не налажен.

Оценка величины ОДУ в прогнозный год должна зависеть от биомассы нерестовой части запаса в тот же год. Подробно более современная методика расчёта запаса русского осетра и определения ОДУ приведена в работах [Методические рекомендации..., 2006; Методический подход к оценке запасов и ОДУ..., 2008; Реализация модельного подхода..., 2008]. Расчёты, демонстрирующие процедуру оценки запасов, проведены с помощью когортной модели на примере русского осетра в российской зоне Каспийского моря по материалам за период 1985–2004 гг., когда ещё были доступны данные возрастного состава уловов. С 2005 г. временные ряды данных по возрастному составу оборвались, и когортные модели больше не работают.

В России с 2000 г. для белуги, а с 2005 г. для русского осетра и севрюги объявлен мораторий на промышленный лов в Каспийском море. В условиях моратория на промысел в последние годы было решено, что для каждого запаса необходимо обосновывать две величины. Первая величина (ОДУ) рассчитывается как сумма запрашиваемых квот на нужды искусственного воспроизводства и на проведение научных исследований. Материалы для проведения научного мониторинга — одна из составляющих необходимого изъятия этих



ценных видов рыб: для анализа общего запаса проводятся траловые и сетные съёмки в Каспийском море, а для оценки количества и состава производителей — исследования на тонях в дельте Волги. Не менее важной является другая составляющая ОДУ — вылов производителей для формирования и пополнения маточных стад осетровых рыбоводных заводов. Вторая оцениваемая величина — биологически допустимый лимит вылова (БДЛ), который рассчитывается на основе требований предосторожного подхода с учётом биологических особенностей данного вида, текущего состояния и тенденций в динамике его запаса. Метод оценки величины БДЛ тот же, что применялся для оценки ОДУ до введения моратория на промышленный лов осетровых. В результате, если для данного запаса полученный объём ОДУ меньше оценки БДЛ, то такое изъятие является безопасным для запаса, и объём ОДУ можно рекомендовать. Такой подход принят (по предложению ВНИРО) и ежегодно применяется сотрудниками КаспНИРХ.

Выбор правила регулирования — необходимый этап разработки рекомендаций по ОДУ или по величине рекомендуемого вылова. Сначала следует сформулировать цель регулирования запаса. Для запасов осетровых в настоящее время целью является восстановление запасов. Чаще всего при регулировании используется трёхзональное правило. Для его идентификации требуется оценить два ориентира управления по биомассе и два по промысловой смертности. Биологический граничный ориентир  $B_{lim}$  — это такое значение биомассы нерестового запаса, что при более низких её значениях может нарушиться воспроизводительная способность популяции, например, будут формироваться только бедные поколения. Целевой ориентир по биомассе — это значение нерестовой биомассы, соответствующее благоприятному состоянию популяции, например, это биомасса, позволяющая получать максимальный устойчивый улов ( $B_{MSY}$ ), или же это уровень биомассы, до которого желательно восстановить запас. В случае если воспроизводство данного запаса происходит не только естественным способом, но и искусственно полученная молодь выпускается в акваторию, можно использовать двухзональную

схему регулирования, приравнивая  $B_{lim}$  к нулю. Обе эти схемы регулирования соответствуют предосторожному подходу. Для оценки ОДУ осетровых рекомендована двухзональная схема предосторожного подхода, поскольку часть воспроизводства этих видов обеспечивается рыбоводными заводами (белуга, например, практически полностью воспроизводится искусственно).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы проблема сохранения осетровых рыб Каспийского моря вызывает серьёзные опасения всех прикаспийских государств. Огромные масштабы нелегального промысла, в несколько раз превышающего величину официального вылова (который был разрешён до 2005 г.), преимущественное изъятие половозрелых самок при ведении нелегального лова, а также неблагоприятный гидрологический режим, складывающийся в последнее десятилетие в Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне, отсутствие мелиоративных работ на каналах-рыбоходах и недоступность естественных нерестилищ привели к снижению запасов осетровых рыб.

При прекращении промышленного лова осетровых резко сократились информационные потоки, т. е. ограничены и научные исследования. В этих условиях стало невозможно применять традиционные методы оценки запасов — математические модели, основанные на данных по возрастной структуре уловов.

В последние годы определение величины ОДУ (и БДЛ) осетровых сотрудниками ФГБНУ «КаспНИРХ» проводят с использованием принципа предосторожного подхода, согласно которому величина рекомендованного изъятия зависит от величины запаса, а запасы оцениваются всё с большей и большей неопределённостью.

В таких условиях необходимо внедрять методы оценки запасов, применимые при недостаточном информационном обеспечении. Примеры таких методов приведены в настоящей работе.

Данные промысловые объекты имеют международное значение, недопустимо оценивать величину только части запаса, поэтому необходимо собирать и объединять биологи-

ческую и промысловую информацию по всей акватории, для чего следует создать международную базу данных по осетровым рыбам Каспия. В настоящее время при отсутствии совместных одновременных исследований на акватории всех прикаспийских государств невозможно оценить фактическую численность и биомассу осетровых Каспийского моря.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО. 192 с.
- Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Котенев Б.Н., Власенко А.Д., Зыкова Г.Ф., Карпюк М.И., Романов А.А., Ходоревская Р.П. 2006. Методические рекомендации по обоснованию общих допустимых уловов (ОДУ) каспийских осетровых // Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 4. М.: Изд-во ВНИРО. 59 с.
- Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Котенев Б.Н., Карпюк М.И., Власенко А.Д., Зыкова Г.Ф., Романов А.А., Ходоревская Р.П. 2006. Методический подход к оценке запасов и ОДУ каспийских осетровых // Мат-лы междунар. конф. «Современное состояние и пути совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне» (16–18 мая 2006 г., г. Астрахань). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. С. 89–96.
- Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Котенев Б.Н., Карпюк М.И., Власенко А.Д., Зыкова Г.Ф., Романов А.А., Ходоревская Р.П. 2006. Реализация модельного подхода к обоснованию допустимого промыслового изъятия русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* в российской зоне Каспийского моря // Мат-лы междунар. конф. «Современное состояние и пути совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне» (16–18 мая 2006 г., г. Астрахань). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. С. 97–104.
- Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. 2008. Модельный подход к оценке неучтенного вылова каспийских осетровых // Мат-лы междунар. научно-практич. конф. «Комплексный подход к проблеме сохранения и восстановления биоресурсов Каспийского бассейна» (13–16 октября 2008 г., г. Астрахань). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. С. 36–41.
- Бойко Е.Г. 1962. К обоснованию рациональной интенсивности лова и промысловой меры азовского судака // Труды АзНИИРХ. Вып. 5. С. 3–23.
- Булгакова Т.И., Бабаян В.К., Васильев Д.А., Михайлов А.И., Сафаралиев И.А. 2013. К вопросу стратификации зоны ответственности Российской Федерации в Каспийском море при проведении траловых съёмок // Вопросы рыболовства. Т. 14. № 2 (54). С. 364–376.
- Булгакова Т.И., Бабаян В.К., Васильев Д.А., Михайлов А.И., Сафаралиев И.А. 2014 а. Оптимизация размещения запланированного числа тралений по стратам и расчёт численности русского осетра в зоне ответственности РФ в Каспийском море // Вопросы рыболовства. Т. 15. № 1. С. 156–161.
- Булгакова Т.И., Бабаян В.К., Васильев Д.А., Михайлов А.И., Сафаралиев И.А. 2014 б. Проблемы совершенствования траловых съёмок осетровых Каспийского моря // Труды ВНИРО. Т. 151. С. 36–51.
- Васильев Д.А. 2001. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения. М.: Изд-во ВНИРО. 110 с.
- Васильева Т.В., Власенко А.Д., Дегтярева Н.Г. 2012. История современного состояния рыбохозяйственных исследований на Каспии // Вопросы рыболовства. Т. 13. № 4 (52). С. 679–688.
- Власенко А.Д., Вещев П.В., Зыкова Г.Ф., Довгопол Г.Ф., Усова Т.В., Озерянская Т.В., Скоырский А.Ф., Измайлова Н.А., Шведов В.В. 2002. Оценка состояния запасов каспийской севрюги и прогноз ее вылова на 2003 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР на 2001 г. Астрахань. С. 168–183.
- Державин А.Н. 1922. Севрюга (*Acipenser stellatus* Pallas). Биологический очерк // Известия Бакинской ихтиологической лаборатории. Т. 1. 369 с.
- Журавлева О.Л. 2012. Закономерности формирования численности и структуры популяции русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Brand Волго-Каспийского района под воздействием промысла, воспроизводства и условий обитания. Автореф. дисс. ... док. биол. наук. Петрозаводск. 43 с.
- Зарбалиева Т.С., Ахундов М.М., Гаджиев Р.И., Касимов А.М. 2006. Материалы к методике оценки численности и запасов осетровых Каспия // Мат-лы междунар. конф. «Современное состояние и пути совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне» (15–18 мая 2006 г., г. Астрахань). Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. С. 112–116.
- Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна

- и среды их обитания. 2011 / Под ред. Г.А. Судакова. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. 193 с.
- Макаров Э.В. 1970 а. К оценке естественной смертности азовских осетровых // Труды ЦНИОРХ Т. 2. С. 90–94.
- Макаров Э.В. 1970 б. О структуре нерестовой популяции азовских осетровых // Труды ЦНИОРХ. Т. 2. С. 86–89.
- Марти Ю.Ю. 1972. Вопросы развития осетрового хозяйства в Каспийском море // Труды Центральной лаборатории по воспроизводству рыбных запасов. Главрыбвод МРХ СССР. Л.: Изд-во ЛГУ. С. 124–130.
- Методики оценки запасов, определения ОДУ и возможного вылова ВБР Каспийского бассейна с целью управления рыболовством. 2011 / Под ред. Г.А. Судакова. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. 119 с.
- Монастырский Г.Н. 1952. Динамика численности промысловых рыб // Труды ВНИРО. Т. 21. С. 3–162.
- Отчет о НИР по госконтракту № 7–01/2005 за 3 квартал. 2005 // Отв. исполнитель В.К. Бабаян. М.: Изд-во ВНИРО. 23 с.
- Павлов А.В., Елизаров Г.А. 1970. О повторном созревании волжского осетра // Труды ЦНИОРХ. Т. 2. С. 52–56.
- Ходоревская Р.П., Калмыков В.А. 2012. Современное состояние популяции белуги в Волго-Каспийском рыбохоз. бассейне после запрета Российской Федерацией ее промыслового изъятия // Вопросы рыболовства. Т. 13. № 4 (52). С. 887–894.
- Ходоревская Р.П., Рубан Г.И., Павлов Д.С. 2007. Освещение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна. М.: Товарищество научных изданий КМК. 242 с.
- Carruthers T.R., Punt A.E., Walters C.J., MacCall A., McAllister M.K., Dick E.J., Cope J. 2014. Evaluating methods for setting catch limits in data-limited fisheries // Fish. Res. 153. P. 48–68.
- Dick E.J., MacCall A.D. 2011. Depletion-based stock reduction analysis: A catch based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks // Fish. Res. 110. P. 331–341.
- Fletcher R.I. 1978. On the restructuring of the Pella–Tomlinson system // Fish. Bull. 76 (3). P. 515–521.
- Package “DLMtool” — Data limited Methods Toolkit. URL: <https://cran.rstudio.com/web/packages/DLMtool/DLMtool.pdf> (дата обращения — 18.11.2015)
- Pella J.J., Tomlinson P.K. 1969. A generalized production model // IATTC Bull. 13. P. 421–458.
- Qiwei W. 2010. *Acipenser stellatus* // IUCN2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. URL: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (дата обращения — 18.11.2015)
- Shahifar R. 2006. Economic comparison between sturgeon fishery yield and releasing efforts of fingerlings in the Southern Caspian Sea (1972–2003) // J. Appl. Ichthyol. 22 (Suppl. 1). P. 119–124.
- Vasilyev D.A., Efimov Yu. 1989. An analytical dynamic approach to stock size and TAC assessment for Russian sturgeon in the Volga river // 1-st International symp. on the sturgeon (Bordoux, France). P. 74.
- Vasilyev D.A., Kizner Z.I., Efimov Yu. 1990. Combined approach to stock size estimation and TAC assessment in the absence of reliable data on fishing effort // ICES. CM.1990/D:9. 12 p.
- Veshchev P.V., Vlasenko A.D., Dovgopol G.F. 1993. Analysis of the commercial return coefficients of the stellate sturgeon *Acipenser stellatus* // J. Appl. Ichthyol. № 33. P. 56–62.
- Ye Y., Valbo-Jørgensen J. 2012. Effects of IUU fishing and stock enhancement on and restoration strategies for the stellate sturgeon fishery in the Caspian Sea // Fish. Res. 131–133. P. 21–29.

## REFERENCES

- Babayan V.K. 2000. Predostorozhnyj podkhod k otsenke obshchego dopustimogo ulova (ODU): analiz i rekomendatsii po primeneniyu. [Precautionary approach to assessment of total allowable catch (TAC)]. M.: Izd-vo VNIRO. 192 s.
- Babayan V.K., Bulgakova T.I., Vasilyev D.A., Kotenev B.N., Vlasenko A.D., Zyкова G.F., Karpyuk M.I., Romanov A.A., Khodorevskaya R.P. 2006. Metodicheskie rekomandatsii po obosnovaniyu obshchih dopustimyh ulovov (ODU) kaspjskih osetrovyyh [Methods of the Caspian sturgeons total allowable catch foundation] // Izuchenie ecosystem rybokhozyajstvennyh vodoemov, sbros i obrabotka dannyh o vodnyh biologicheskikh resursah, tekhnika i tekhnologiya ih dobychi i obrabotki. Vyp. 4. M.: Izd-vo VNIRO. 59 s.
- Babayan V.K., Bulgakova T.I., Vasilyev D.A., Kotenev B.N., Karpyuk M.I., Vlasenko A.D., Zyкова G.F., Romanov A.A., Khodorevskaya R.P. 2006. Metodicheskij podkhod k otsenke zapasov i ODU kaspjskih osetrovyyh [Methodological approach to the assessment of stocks and TAC of Caspian sturgeons] // Materialy mezhdunar. konf. “Sovremennoe sostoyanie i puti sovershenstvovaniya nauchnyh issledovanij v Kaspjskom bassejne” (16–18 maya 2006 g., g. Astrakhan’). Astrakhan’: Izd-vo KaspNIRKh. S. 89–96.

- Babayan V.K., Bulgakova T.I., Vasilyev D.A., Kotenev B.N., Vlasenko A.D., Zytkova G.F., Karpuyuk M.I., Romanov A.A., Khodorevskaya R.P.* 2006. Realizatsiya model'nogo podkhoda k obosnovaniyu dopustimogo promyslovogo iz'yatiya russkogo osetra *Acipenser gueldenstaedtii* v rossijskoj zone Kaspijskogo morya [Achievement of model approach to justification of allowable commercial catches of Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* in the Russian zone of the Caspian Sea] // Materialy mezhdunar. konf. "Sovremennoe sostoyanie i puti sovershenstvovaniya nauchnyh issledovanij v Kaspijskom bassejne" (16–18 maya 2006 g., g. Astrakhan'). Astrakhan': Izd-vo KaspNIRKh. S. 97–104.
- Babayan V.K., Bulgakova T.I., Vasilyev D.A.* 2008. Model'nyj podkhod k otsenke neuchtennogo vylova kaspijskih osetrovyh [Analytical approach to estimation of unaccounted yield of Caspian sturgeons] // Materialy mezhdunar. nauchno-praktich. konf. "Kompleksnyj podkhod k probleme sokhraneniya i vosstanovleniya bioresursov Kaspijskogo bassejna" (13–16 oktyabrya 2008 g., g. Astrakhan'). Astrakhan': Izd-vo KaspNIRKh. S. 36–41.
- Bojko E.G.* 1962. K obosnovaniyu ratsional'noj intensivnosti lova i promyslovoj mery azovskogo sudaka [To fishing intensity and catch size rational foundation of the Azov sander] // Trudy AzNIIRKh. Vyp. 5. S. 3–23.
- Bulgakova T.I., Babayan V.K., Vasilyev D.A., Mikhajlov A.I., Safaraliev I.A.* 2013. K voprosu stratifikatsii zony otvetstvennosti Rossijskoj Federatsii v Kaspijskom more pri provedenii tralovyh s'emok [To the problem of the Caspian Sea (area of responsibility of the Russian Federation) stratification for trawl surveys] // Voprosy rybolovstva. T. 14. № 2 (54). S. 364–376.
- Bulgakova T.I., Babayan V.K., Vasilyev D.A., Mikhajlov A.I., Safaraliev I.A.* 2014 a. Optimizatsiya razmeshcheniya zaplanirovannogo chisla tralenij po stratam i raschet chislennosti russkogo osetra v zone otvetstvennosti RF v Kaspijskom more [Optimization of planned trawling allocation among the strata and minimum sample size estimation (area of responsibility of the Russian Federation)] // Voprosy rybolovstva. T. 15. № 1. S. 156–161.
- Bulgakova T.I., Babayan V.K., Vasilyev D.A., Mikhajlov A.I., Safaraliev I.A.* 2014 b. Problemy sovershenstvovaniya tralovyh s'emok osetrovyh Kaspijskogo morya [Aspects of improvement of Caspian sturgeon trawl survey methodology] // Trudy VNIRO. T. 151. S. 36–51.
- Vasilyev D.A.* 2001. Kogortnye modeli i analiz promyslovyh bioresursov pri defitsite informatsionnogo obespecheniya [Cohort models and analysis of commercial bioresources at information supply deficit]. M.: Izd-vo VNIRO. 110 s.
- Vasilyeva T.V., Vlasenko A.D., Degtyareva N.G.* 2012. Istoriya sovremennoego sostoyaniya rybokhozyajstvennyh issledovanij na Kaspii [History and present state of fisheries investigations on the Caspian Sea] // Voprosy rybolovstva. T. 13. № 4 (52). S. 679–688.
- Vlasenko A.D., Veshchev P.V., Zytkova G.F., Dovgopol G.F., Usova T.V., Ozeryanskaya T.V., Skosyrskij A.F., Izmajlova N.A., Shvedov V.V.* 2002. Otsenka sostoyaniya zapasov kaspijskoj sevryugi i prognoze ee vylova na 2003 g. [Stock assessment of Caspian scellate sturgeon and its catch forecasting for 2003] // Rybokhozyajstvennye issledovaniya na Kaspii. Rezul'taty NIR na 2001 god. Astrakhan'. S. 168–183.
- Derzhavin A.N.* 1922. Sevryuga (*Acipenser stellatus* Pallas). Biologicheskij ocherk [Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas). Biological outline] // Izvestiya Bakinskoy ikhtiologicheskoy laboratorii. T. 1. 369 s.
- Zhuravleva O.L.* 2012. Zakonomernosti formirovaniya chislennosti i struktury populyatsii russkogo osetra *Acipenser gueldenstaedtii* Brand Volgo-Kaspijskogo rajona pod vozdejstviem promysla, vosproizvodstva i uslovij obitaniya [Patterns of abundance and structure formation of Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* Brand of the Volga-Caspian region influenced by fishery, reproduction and environment]. Avtoref. diss. ... dok. biol. nauk. Petrozavodsk. 43 s.
- Zarbalieva T.S., Akhundov M.M., Gadzhiev R.I., Kasimov A.M.* 2006. Materialy k metodike otsenki chislennosti i zapasov osetrovyh Kaspiya [Materials on the methods of assessment of abundance and stocks of Caspian sturgeons] // Materialy mezhdunar. konf. "Sovremennoe sostoyanie i puti sovershenstvovaniya nauchnyh issledovanij v kaspijskom bassejne" (15–18 maya 2006 g., g. Astrakhan'). Astrakhan': Izd-vo KaspNIRKh. S. 112–116.
- Instruktsii po sboru i pervichnoj obrabotke materialov vodnyh bioresursov kaspijskogo bassejna i srede ih obitaniya. 2011. [User's guide for collection and initial treatment of materials from the Caspian basin water biological resources and their habitat] / Pod red. G.A. Sudakova. Astrakhan': KaspNIRKh. 193 s.
- Makarov E.V.* 1970 a. K otsenke estestvennoj smertnosti azovskih osetrovyh [To the natural mortality estimate for Azov sturgeons] // Trudy TsNIORKh. T. 2. S. 90–94.
- Makarov E.V.* 1970 b. O strukture nerestovoj populyatsii azovskih osetrovyh [About spawning population structure of Azov sturgeons] // Trudy TsNIORKh. T. 2. S. 86–89.
- Marti Yu.Yu.* 1972. Voprosy razvitiya osetrovogo khozyajstva v Kaspijskom more [The problems of

- sturgeon farm development in the Caspian Sea] // Trudy Tsentral'noj laboratorii po vosproizvodstvu rybnyh zasposov. Glavrybvod MRKh SSSR. LGU. S. 124–130.
- Metodiki otsenki zasposov, opredeleniya ODU i vozmozhnogo vylova VBR Kaspijskogo bassejna s tsel'yu upravleniya rybolovstvom. 2011. [Techniques for stock assessment, TAC and recommended yield estimation of the Caspian basin for fishery management] / Pod red. G.A. Sudakova. Astrakhan': KaspNIRKh. 119 s.
- Monastyrskij G.N. 1952. Dinamika chislenosti promyslovyh ryb [Dynamics of the abundance of commercial fishes] // Trudy VNIRO. T. 21. S. 3–162.
- Otchet o NIR po goskontraktu № 7–01/2005, 3-j kvartal. 2005 [The Scientific Report for № 7–01/2005, 3th quarter 2005] / Otvetstvennyj ispolnitel V.K. Babayan. M.: Izd-vo VNIRO. 23 s.
- Pavlov F.B., Elizarov G.A. 1970. O povtornom sozrevanii volzhskogo osetra [About repeated maturation of the Russian sturgeon in the Volga river] // Trudy TsNIORKh. T. 2. S. 52–56.
- Khodorevskaya R.P., Kalmykov V.F. 2012. Sovremennoe sostoyanie populatsii beluga v Volgo-Kaspijskom rybokhozyajstvennom bassejne posle zapreta ee promyslovogo iz'yatiya [The present state of beluga sturgeon population in the Volga-Caspian fisheries basin after a ban on its commercial gravest imposed by the Russian Federation] // Voprosy rybolovstva. T. 13. № 4 (52). S. 887–894.
- Khodorevskaya R.P., Ruban G.I., Pavlov D.S. 2007. Povedenie, migratsii, raspredelenie i zapasy osetrovyyh ryb Volgo-Kaspijskogo bassejna [Behaviour, migrations, distribution and stocks of sturgeons in the Volga-Caspian basin]. M.: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK. 242 s.

Поступила в редакцию 23.11.15 г.  
Принята после рецензии 02.12.15 г.

## Caspian sturgeon stock assessment and projection techniques analysis

*T.I. Bulgakova<sup>1</sup>, I.N. Lepilina<sup>2</sup>, I.A. Safaraliev<sup>2</sup>, G.F. Dovgopol<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”, Moscow)

<sup>2</sup> Caspian Research Institute of Fisheries (FSBSI “KaspNIRKh”, Astrakhan')

The problem of conservation of the Caspian Sea sturgeons (Acipenseridae) has been a matter of grave concern in recent years for all the states of the Caspian Sea region. The illegal catches of tremendous magnitude consisting mostly of mature females, negative habitat conditions, inaccessibility of natural spawning grounds, and other factors have brought about a significant decline in the stocks of sturgeons feeding in the North Caspian. Since the establishment of the moratorium on the Caspian sturgeons fishery (from 2000 for the white sturgeon; from 2005 for Russian and stellate sturgeon), their harvesting was permitted for research purposes (RP) and for enhancement only. Hence, the data series were interrupted, and no mathematical models could then be applied, as had been used to assess those stocks prior to 2004. Using trawl survey data, the stock of the Russian sturgeon could be estimated for the current year with 30% accuracy. As for the Persian sturgeon, the stock estimates based on surveys are not dependable because of the small sample size. There have been virtually no captures of the white and stellate sturgeon with trawl in recent year. It is advised to assess those stocks using DB-SRA method [Dick, MacCall, 2011] which could be applied in the cases of scarce data. That method makes it possible to evaluate both the biological management reference points, annual biomass variations, and size of the virgin stock. Given the moratorium, two values have to be supported for each stock: the total allowable catch (TAC) is formally calculated as the sum of quotas for artificial reproduction and research; the biologically allowable catch limit (BCL) is calculated with the regard of the current status of stock and its dynamics trends using the same technique as had been applied to assess TAC prior to the introduction of moratorium, according to precautionary approach. In the event that the TAC < BCL for the given stock, it might be recommended for the projected year. Such a procedure is then undertaken for each of the 4 species, as based on the two-zonal management rule option.

**Key words:** sturgeons Acipenseridae, Caspian Sea, methods of stock assessment, TAC.