

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК: 597.554.4.591.134

DOI: 10.36038/0234-2774-2022-23-1-47-61

ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТЕРЛЯДИ
(*ACIPENSER RUTHENUS*) КУЙБЫШЕВСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2022 г. Ю.А. Северов, А.В. Гранин, И.А. Сафаралиев*, Н.Г. Западаева**

Татарский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТатарстанНИРО), Казань, 420111

* Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КаспНИРХ), Астрахань, 414056

** Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии («ВНИРО»), Москва, 107140
E-mail: objekt_sveta@mail.ru

Поступила в редакцию 21.12.2022 г.

Приведена оценка современного состояния запаса стерляди Куйбышевского водохранилища. В условиях дефицита информационного обеспечения о запасе, сделана попытка оценить его состояние немодельными методами – в частности качественная оценка проведена с помощью метода оценки коэффициента нерестового потенциала (Length based spawning potential ratio – LBSPR), для определения количественного состояния использовался метод DB-SRA (Depletion-based stock reduction analysis) – стохастический анализ сокращения запаса в котором используется гибридная производственная модель. По результатам исследований отмечено, что к настоящему времени ресурсный потенциал этого вида находится на критическом уровне. Размерно-возрастной состав уловов значительно изменился, где численность старшевозрастных групп рыб крайне низка. Рассчитанный коэффициент нерестового потенциала (SPR) стерляди Куйбышевского водохранилища (15%), свидетельствуют о перелове и значительном снижении пополнения запаса. Величина промыслового запаса, рассчитанная по DB-SRA с различными настройками модели, колеблется в переделах от 5,9 до 29,7 т и в целом составляет наименьшую величину, наблюданную исторически в водохранилище.

Ключевые слова: стерлядь *Acipenser ruthenus*, Куйбышевское водохранилище, оценка запаса, немодельные методы.

ВВЕДЕНИЕ

Стерлядь – единственный представитель семейства осетровых рыб, постоянно обитающий в Куйбышевском водохранилище после зарегулирования р. Волга плотиной Жигулевской ГЭС в 1956–1959 гг. прошлого столетия. Как и у многих других видов в первые годы после образования водохранилища у стерляди отмечалась резкая вспышка её численности (Цыплаков, 1977). Вследствие

этого, основу уловов промысловиков около 20 лет в основном и составляли особи поколений, появившихся именно в эти годы. С середины 90-х гг. уловы, отражающие в определённой мере состояние запаса этого вида, резко упали, и к настоящему времени не восстановились. Сегодня стерлядь внесена в списки региональных Красных книг четырёх из пяти субъектов, имеющих границы на Куйбышевском водохранилище (в Улья-

новской области в Красную книгу внесена сурская популяция стерляди).

Динамику численности запасов этого вида в ходе эволюции экосистем водоёмов и жизни страны можно считать типичной и для других водохранилищ. Сходные колебания численности запасов стерляди наблюдались и в других водоемах: Волгоградском, Рыбинском и Чебоксарском водохранилищах. В настоящее время состояние популяций стерляди в большей части водохранилищ Волжско-Камского каскада оценивается как депрессивное (Шашуловский, Мосияш, 2010; Минин, 2012; Рыбы Рыбинского..., 2015; Таиров и др., 2017). Основные причины этого явления также присущи водоёмам, в которых обитает стерлядь, описаны и включают: браконьерский промысел, нередко в разы превышающий объёмы промышленной добычи, зарегулирование стока, в результате чего отчленяются её нерестилища в верхних, речных участках водохранилищ, добыча нерудных строительных материалов из акваторий водохранилищ и пр. Единственной популяцией стерляди водохранилищ Волжско-Камского каскада, демонстрирующей определённую положительную динамику численности запасов, является стадо Саратовского водохранилища, вновь сформированное и пополняемое за счёт искусственного воспроизводства (Ермолин и др., 2020).

В связи с выше описанным, оценка современного состояния популяций стерляди становится особенно важной, в виду её статуса – согласно Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 23 октября 2019 г № 596 «Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биологических ресурсов» стерлядь отнесена к ценным видам водных биологических ресурсов, так и её роли в экосистеме водоёма.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы, послужили результаты наблюдений, полученные в ходе ресурсных и мониторинговых исследований в течение 2007–2019 гг. на Куйбышевском водохранилище, а также рыбы из уловов промышленных организаций. Всего за данный период обработано 295 особей стерляди.

Сбор ихтиологического материала осуществлялся с научно-исследовательских судов Татарского филиала «ВНИРО» «Академик Берг», «Владимир Усков», а также на стационарных наблюдательных пунктах. Для отлова рыбы применялись двухластные донные тралы длиной 18–23 м, высотой 3–6 м, ячеей в кутке 30 мм, а также ставные сети длиной 60 м, ячеей от 35 до 70 мм. Продолжительность каждого учётного траления составляла в среднем 30 мин без учёта времени на постановку и выборку трала. Для определения координат и скорости тралений использовались данные с судовых навигаторов, параметры внешней среды (глубины, температура воды) фиксировались эхолотами. Траловые станции равномерно распределены по всему водохранилищу и расположены на русловых участках рек Волга и Кама (в среднем через каждые 22 км).

После поднятия орудий лова улов разбирался по видам, просчитывался, взвешивался. У стерляди измеряли промысловую и абсолютную длину тела и массу, отбирали регистрирующие структуры для определения возраста (первый луч грудного плавника) (Правдин, 1966), определяли стадию зрелости гонад (Лукин, 1947). Для описания параметров роста использовали программный комплекс FISAT II. Огива созревания стерляди построена на предположении о логистической её зависимости с помощью

обобщённой линейной модели, реализованной в пакете FSA ver. 0.8.24 (Ogle et al., 2018). В связи с проблемами в определениях величины естественной смертности (Шибаев, 2014) и небольшой величиной выборок по годам исследования мгновенный коэффициент естественной смертности (M) определялся эмпирическим путём при помощи интерактивного приложения Natural Mortality на онлайн платформе The Barefoot Ecologist's Toolbox по оцененным параметрам жизненного цикла стерляди. Итоговая оценка коэффициента M получена путём усреднения результирующих его значений.

Определение запасов стерляди в условиях её низкой численности в водоёме методами прямого учёта представляет определённые трудности (Карагойшиев, 2013). Это, по мнению данного автора, связано с тем, что применяемые активные орудия лова (траблы, плавные сети) дают случайные результаты, вследствие неравномерного распределения запасов стерляди (Карагойшиев, 2013), с чем можно согласиться. Оценка её численности пассивными орудиями лова (ставные сети) также мало применима и связана с причинами, характерными для данных орудий лова (сложности в определении зоны облова, уловистости, селективности и т.д.) (Шибаев, 2014). Метод определения биомассы запаса через интенсивность промысла на сегодняшний день не актуален, т.к было озвучено выше. Многие популяции стерляди не эксплуатируются и вследствие этого полноценная промысловая статистика не ведётся.

В эксплуатируемых запасах стерляди высокий уровень ННН - промысла искажает статистику, занижая реальный уровень использования её запаса, делая сведения уловов мало пригодными при аналитических расчетах.

В таких условиях для оценки динамики численности (индексов обилия) и биологических показателей вида мы продолжаем использовать данные лотов учётным тралом, уловы которого полностью доступны, а пропуски в траловых сборах редки. Сетные уловы в основном используются для оценки биологических показателей.

Положения Приказа Росрыболовства от 06.02.2015 г № 104 дают чёткие требования к содержанию расчётных материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных биологических ресурсов. Согласно им, структура и качество нашего материала в целом относится к III уровню информационного обеспечения. Определение запаса стерляди Куйбышевского водохранилища рекомендовано проводить методами прогнозирования ОДУ в условиях дефицита информации («немодельные» методы) или DLM (Data Limited Methods) (Бабаян и др., 2018). Построение производственных моделей в связи с отсутствием промысла на всей акватории водохранилища, а также в связи с другими ограничениями, характерными для применения этой группы моделей, также в данном случае не применимо.

Вследствие этого в данной работе предпринята попытка оценить ресурсный потенциал и запас стерляди Куйбышевского водохранилища немодельными методами.

Для построения модели запаса стерляди использовался метод DB-SRA (Depletion-based stock reduction analysis) – стохастический анализ сокращения запаса в ходе его эксплуатации промыслом (Dick, MacCall, 2011) в котором используется гибридная модель, представляющая собой сочетание модели Шефера и модели Пелла-Томлинсона в модификации Флетчера. Метод DB-SRA позволяет оценить биологические

ориентиры (MSY , B_{MSY}), а также восстановить ретроспективную межгодовую динамику биомассы, определить величину ёмкости среды (K), а также границу области перелова (Overfishing Limit, OFL = $Y(F_{MSY})$).

В качестве входной информации для реализации метода используются оценки мгновенного коэффициента естественной смертности (M); отношение F_{MSY}/M ; отношение B_{MSY}/K ; отношение B_T/K , где B_T – биомасса запаса в год-ориентир T , для которого существует более или менее надёжная оценка обилия; диапазон возможных значений биомассы необлавливаемого запаса (K). Поскольку заданные значения входных параметров не являются точными оценками, их заменяют априорными вероятностными распределениями. На основе входных распределений осуществляются стохастические эксперименты типа Монте Карло, в ходе которых определяется такое значение K , при котором «истощение» биомассы в год T соответствует исходно заданному соотношению B_T/K .

По результатам итераций рассчитываются апостериорные распределения вероятностей для биологических ориентиров по биомассе и промысловой смертности и уточняются оценки входных параметров. Полученные данные позволяют восстановить ретроспективную динамику запаса и рассчитать прогноз ОДУ на заданное количество лет вперед (Бабаян и др., 2018). Расчеты модели DB-SRA выполнялись в программной среде R Core Team (2020), процедура расчётов реализована в пакете fishmethods (Nelson, 2021).

Анализ качественной оценки запаса стерляди по особям из уловов промышленных организаций выполнен с помощью метода оценки коэффициента нерестового потенциала (Length

based spawning potential ratio – LBSPR) на платформе The Barefoot Ecologist's Toolbox. Данный эмпирический метод основан на анализе размерного состава уловов (Hordyk et al., 2015). Предполагается, что запас находится в равновесном состоянии с характерным для этого состояния размерным распределением рыб в улове. Результаты сопоставления теоретического равновесного размерного распределения с реально наблюдаемым, позволяют получить оценку соотношения F/M и параметров кривой селективности (в предположении о том, что она описывается логистической функцией). Для LBSPR требуется оценка (Spawning Potential Ratio), определяемая как отношение популяционной плодовитости эксплуатируемого промыслом запаса к популяционной плодовитости в отсутствие промысла и используемого в качестве характеристики текущего состояния запаса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стерлядь Куйбышевского водохранилища относится к длинноцикловым рыбам (Лукин, 1947). Зарегистрированная максимальная продолжительность её жизни (t_{max}) в исследуемом водоёме достигает 24–27 лет (Стерлядь.... 1981; Гончаренко и др., 2007).

Размерный состав уловов стерляди в 90-е гг. был представлен в достаточно широком диапазоне, включая рыб длиной более 80 см, но доля рыб старше 14 лет (55–60 см) в уловах уже к 2000 г. не превышала 10% (Бартош, 2006), а наиболее крупные особи в уловах встречались не ежегодно и в единичных экземплярах. Данная структура уловов сохранялась вплоть до конца 90-х гг., а впоследствии доля крупных особей стала резко сокращаться, что связывают со специализированным её выловом браконьерами в последующие годы, когда объёмы

ННН – 2021 у. промысла в 15–20 раз превышали объёмы промышленной добычи (Гончаренко и др., 2007).

На сегодняшний день структура уловов стерляди упростилась и составляет не более 9–11 возрастных групп (рис. 1).

Обращает на себя внимание факт еще большего снижения в уловах доли крупных, промысловых особей стерляди. По нашим данным, численность рыб длиной тела более 42 см (промысловая длина стерляди, установленная правилами рыболовства) в уловах составляет только 5,3%. Естественно предполагается, что более крупные особи стерляди в водоёме обитают и плохо облавливаются, но общая тенденция к сокращению их доли всё же прослеживается (рис. 2).

Созревание стерляди в водохранилище происходит достаточно поздно. Первые самки начинают созревать только на шестом году жизни, при средней длине тела 34 см у самок и 28 см у самцов (Бартош, 2006), в массе оно происходит в возрасте 8–12 лет (Гончарен-

ко и др., 2007). Определённая доля половозрелых самок ежегодно пропускает нерест (Стерлядь.... 1981), что негативно сказывается на пополнении её стада. Некоторым положительным моментом является улучшение показателей роста стерляди в современных условиях водохранилища. Отмечено увеличение численности рыб с быстрым линейным ростом (Гринин и др., 2020), что позволяет вступать в нерестовое стадо рыбам в более раннем возрасте. Данное явление, характерное для многих популяций рыб (Никольский, 1974), может являться ответной реакцией популяции на снижение её численности.

По нашим оценкам, в настоящее время самки стерляди начинают созревать при длине тела в 33–34 см, 50% (L_{mat50}) особей стерляди (без разделения по полу) созревают при длине в 41,0 см, (95% довер. интервал от 37,2 до 47,0 см), а 95% (L_{mat95}) особей – при достижении длины тела в 51,7 см (95% довер. интервал от 43,3 до 64,9 см) (рис. 3).

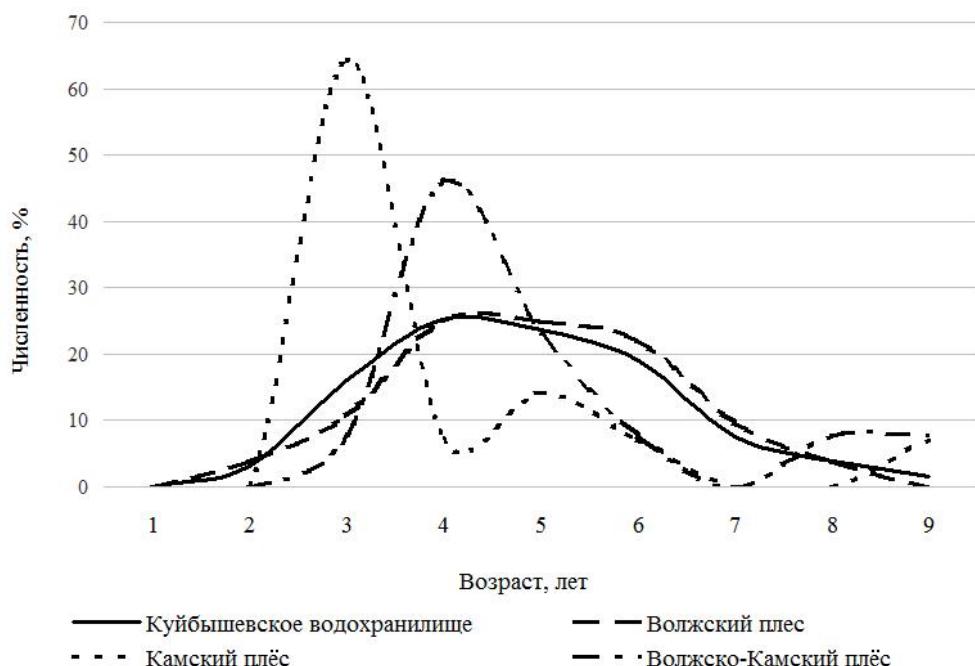


Рис. 1. Возрастной состав учётных уловов стерляди в Куйбышевском водохранилище в 2014–2019 гг.

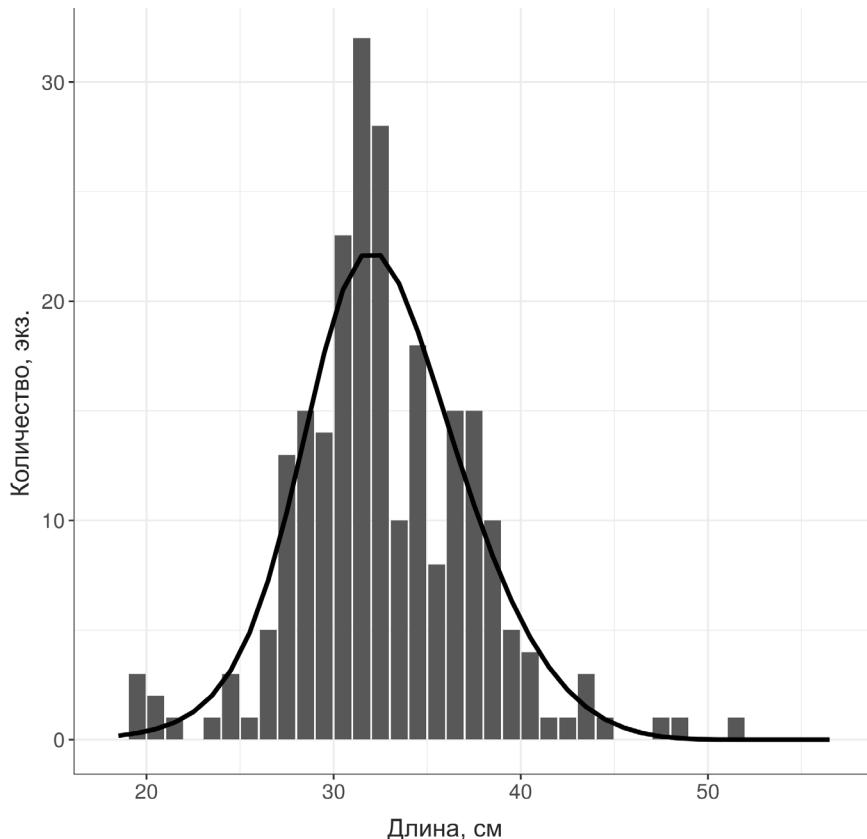


Рис. 2. Размерный состав стерляди Куйбышевского водохранилища в учётных уловах за 2007–2019 гг. (приведена промысловая длина тела).

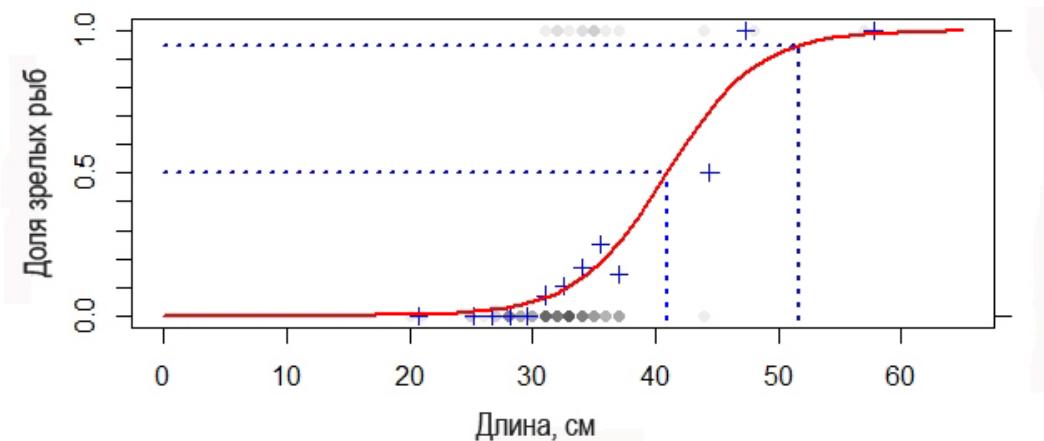


Рис. 3. Огива созревания стерляди Куйбышевского водохранилища по материалам 2007–2019 гг.

Параметры уравнения Берталанфи, полученные с помощью метода ELEFAN I составили следующие показатели - $L_\infty = 59,85$ см, $k = 0,12$. Нужно учесть, что полученные данные значений линейного роста, прежде всего, зависят от входных параметров, вносимых

в программу. Вследствие того, что в наших уловах отсутствуют рыбы предельных возрастов по вышеописанным причинам, показатели предельной длины стерляди, рассчитанные программой, имеют невысокие значения в зависимости от литературных данных, но в целом

не противоречат им. Зависимость массы тела стерляди от её длины по имеющемуся материалу была описана степенным уравнением вида:

$$W = 0,00214 L^{3,28},$$

где W – масса тела, г; L – промысловая длина тела, см.

Показатели естественной смертности (M) для стерляди, рассчитанные по девяти эмпирическим способам, колебались от 0,154 до 0,341. Среднее значение этого показателя составило 0,22 ($StDev = 0,05$). Часть этих значений и расчётные формулы приведены в таблице 1 (табл. 1). В определённой степени величина данного показателя соответствует общепринятым теоретическим представлениям о снижении чис-

ленности популяции под воздействием естественных причин. В качестве примера из литературных источников можно привести данный параметр для стерляди из Нижней Волги, где он с учётом численности поколений и зависимости от возраста составляет 0,389 (Зыков и др., 2017).

Дальнейшее исследование динамики численности стерляди Куйбышевского водохранилища по уловам учётного трала за время существования водоёма выявило, что количество отловленных стерлядей на 1 час траления (табл. 2) было максимальным в ранние годы существования водохранилища, вследствие наличия в водоёме многочисленных поколений, появившихся в первые годы образования водохранилища.

Таблица 1. Результаты расчёта мгновенного коэффициента естественной смертности стерляди Куйбышевского водохранилища с помощью некоторых эмпирических методов

Формула	M	Автор
$M = 1,753k$	0,21	Jensen, 1996
$M = 4,22/t_{max}$	0,156	Hewitt, Hoenig, 2005
$M = 1,65/tm$	0,253	Jensen, 1996
$M = 1,521/tn^{0,72} - 0,155$	0,185	Рихтер, Ефанов, 1977
$M = 3k / (\exp(0,38kt_{max}) - 1)$	0,148	Alverson, Carney, 1975
$M = \exp(1,46 - 1,01\ln(t_{max}))$	0,154	Hoenig, 1983

Примечание. k – коэффициент роста Берталанфи; t_{max} – максимальная продолжительность жизни; tm – возраст массового полового созревания (50%); tn – возраст массового полового созревания (70%).

Таблица 2. Показатели вылова стерляди учётными тралами в разные годы существования Куйбышевского водохранилища

Показатели	1970–1974 гг. ¹	1975–1980 гг. ²	1984–1988 гг. ³	1991–1994 гг. ³	2003 г ⁴	2005 г ³	2015 г ⁵	2017 г ⁵
Количество рыб на 1 час траления, экз.	115,0	98,0	112,0	95,16	49,75	41,0	17,08	12,8

Примечание. Данные уловов: 1 – Цыплаков, 1978; 2 – Капкаева, 1988; 3 – Гончаренко и др., 2007; 4 – Бартеш, 2006; 5 – данные авторов.

Впоследствии, как отмечалось выше, её численность в водохранилище стала сокращаться и в начале 2000-х гг. вылов стерляди на час траления уже не превышал 50 экз. При отсутствии действенных мер по охране и выпуска рекомендованных объёмов искусственного воспроизводства в последние годы количество рыб, приходящихся на 1 час траления, сократилось до 12,8–17,08 экз., а основная часть уловов этого вида приходится только на Камский плес Куйбышевского водохранилища, территориально находящийся в Республике Татарстан. Коэффициент корреляции уловов стерляди и времени существования водохранилища находится друг с другом в достоверной сильной отрицательной связи (-0,94).

Поэтому при явном падении как относительной, так и абсолютной численности стерляди в водохранилище возникла необходимость в условиях дефицита информации провести качественную оценку стада в настоящее время. В данном случае метод LBSPR позволяет оценить уровень нерестового потенциала облавливаемого запаса относительно необлавливаемого и дать характеристику качественного состояния запаса в терминах коэффициента SPR.

Первоначально программа строит график кривых созревания и селективности (рис. 4).

Исходя из данных рисунка 4, кривые созревания и селективности не совпадают. Расположение кривой селективности левее кривой созревания свидетельствует о том, что в стаде стерляди наблюдается изъятие особей, не достигших половой зрелости. Показатели $SL_{50\%}$ и $SL_{95\%}$, показывающие диапазон размеров рыб, при которых доступными для орудий лова являются соответственно 50% и 95% рыб составили соответственно $SL_{50\%} = 29,7$ см (доверительный интервал

$28,5$ см – $30,9$ см) и $SL_{95\%} = 35,7$ см (доверительный интервал $33,6$ см – $37,7$ см).

Важным параметром, влияющим на результаты расчётов для данного метода, является отношение M/k , которое характеризует возрастную и размерную динамику биомассы отдельных поколений (Holt, 1958) и собственно программой задается в виде показателя 1,5, характерного для многих промысловых видов рыб. В данном случае нами в программу был задан расчётный показатель по результатам собственных оценок параметров M и k , величина которого составила 1,83, что в целом характерно для популяций, у которых наблюдается непрерывный и медленный рост биомассы в течение всего жизненного цикла (Holt, 1958), и применимо, в том числе, для стерляди.

По результатам дальнейших расчётов величина коэффициента нерестового потенциала (SPR) стерляди оказалась равна 15%, при отношении F/M 1,49 (доверительный интервал 1,05 – 1,93).

Авторами метода (Brooks et al., 2010), в качестве альтернативы целевого ориентира B_{MSY} принято значение коэффициента SPR в 40% (0,4). Эксплуатация запаса, нацеленная на уровень SPR = 40%, считается эффективной даже для запасов с низкой устойчивостью к внешним воздействиям (Clark, 2002). При меньшем значении SPR запас всё ещё сохраняет способность восполнить свою численность под влиянием промысла, но скорость восстановления может снижаться, при SPR = 20% запас сохраняет свою численность на текущем уровне с минимальными возможностями для её восстановления. При SPR < 20% в последующие годы эксплуатации ожидается снижение пополнения запаса, а при SPR = 10% и менее нерестовый потенциал считается подорванным.

Таким образом, рассчитанное значение SPR находится ниже целевого ориентира (40%) и свидетельствуют о переводе запаса стерляди Куйбышевского водохранилища и значительном снижении пополнения запаса.

Для оценки современного запаса стерляди Куйбышевского водохранилища приведём ретроспективную оценку её вылова за последние 20 лет (рис. 5).

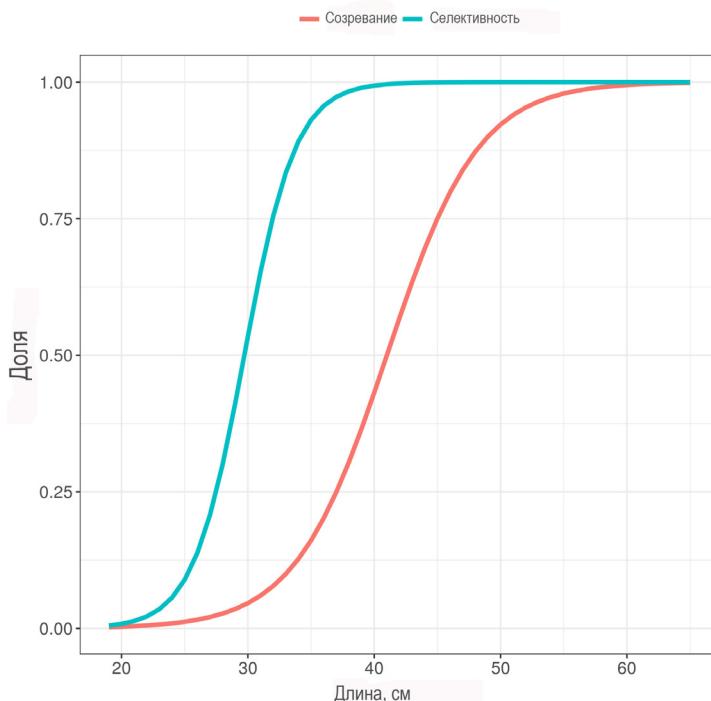


Рис. 4. Кривые селективности промысла и созревания стерляди Куйбышевского водохранилища.

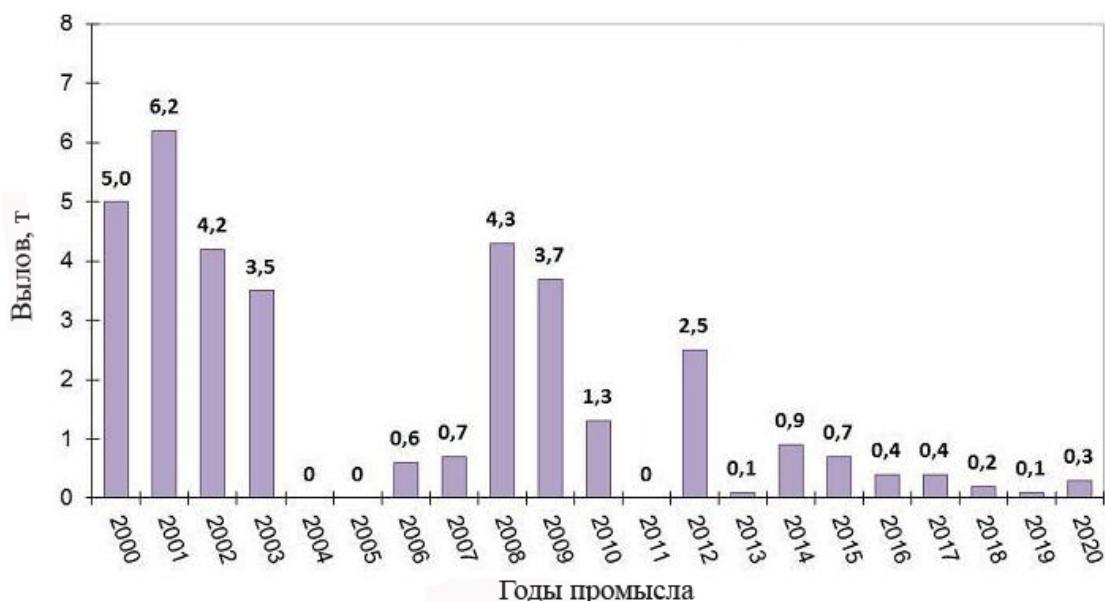


Рис. 5. Официальная статистика вылова стерляди промышленными организациями в Куйбышевском водохранилище в 2000–2020 гг.

Представленная статистика указывает на сильные колебания уловов и их ежегодное падение. Оценка уловов из промысловой статистики при помощи регрессионного анализа показала, что наблюдается достоверное их падение за последние 20 лет ($r^2=0,49$; $p=0,05$). В официальных сводках с 2014 г. уловы стерляди регистрируются только в Ульяновской области и Чувашской Республике. С 2016 г. на территории Республики Татарстан, где отмечены основные концентрации стерляди, она внесена в список региональной красной книги, вследствие этого официальный её промысел с этого года запрещён.

Несмотря на это, на водохранилище существует ННН – промысел данного вида, о чём свидетельствуют официальные сводки надзорных органов. Естественно, в эту статистику попадают далеко не все случаи браконьерства, поэтому оценить реальную величину вылова стерляди в Куйбышевском водохранилище сложно. Отсутствуют и теоретические подходы к оценке ННН – промысла, а описанные способы (Бабаян и др., 2014), или же неприемлемы по подходам к расчётом или же для них отсутствуют необходимые данные.

Сокращение численности стерляди и её малочисленность в научных уловах требуют пересмотра подходов к оценке её запасов и состояния популяции в целом. Для этого, согласно рекомендациям (Бабаян и др., 2018) для оценки динамики запаса стерляди был выбран метод, учитывающий степень истощения запаса – DB-SRA (стохастический анализ сокращения запаса). Метод DB-SRA дает наилучшее приближение к оценкам, полученным с помощью полной аналитической модели (Бабаян и др., 2018).

Основная компонента модели, которая в большей степени влияет на динамику биомассы – это вылов (C), вели-

чина же естественной смертности (M) – косвенно. При этом в расчётах показатель M принимался также по средней величине расчётных параметров (0,22). Что касается вылова, то в модель в данном случае закладываются величины официального вылова по годам в сумме с экспертной величиной ННН – промысла (Гончаренко, 2007).

Авторы модели (Dick, MacCall, 2011) ввели необходимость использования всего временного ряда уловов за историю промысла запаса, что даёт возможность модели учитывать прибавочную продукцию биомассы запаса за предыдущие годы в ретроспективе оценки запаса на прогноз. Поэтому в расчёты был взят весь исторический промежуток времени уловов стерляди в Куйбышевском водохранилище. В качестве показателей ННН – промысла, в модель были заложены величины, кратно превосходящие объёмы официальной добычи (например, равной ей, и выше в 2, 4, 6, 8 раз и т.д.). Путем переборки всех вариантов было определено, что наибольшее количество положительных итераций модели получается с величиной ННН – вылова равной двукратной величине официального объёма добычи стерляди, которую и использовали в дальнейших расчетах.

В качестве целевого ориентира в модель был заложен оценённый нами методом площадей объем промыслового запаса стерляди, равный 4,81 т, при биомассе запаса в 133,2 т. В дальнейшем были рассмотрены два сценария уравнения модели DB-SRA.

В первом варианте принятая компонента ННН-изъятия была внесена в модель, начиная с 1990 по 2019 гг. В этом случае биомасса промыслового запаса стерляди на последний расчётный год (2017 г.) была оценена моделью в 29,7 т. При такой настройке модели также на-

блудается рост биомассы запаса, что связано с падением величины уловов. Метод DB-SRA использует стохастический подход, то есть генерируются совокупности значений для каждого входного параметра и в процессе расчётов они перебираются между собой.

Таким образом, треки биомассы, которые соответствуют заданным параметрам, принимаются, а если не соответствуют или биомасса получается с отрицательными значениями, то отбрасываются. Из общей численности прогонов модели с такой настройкой, положительными оказались только около 5% результатов, что в определённой степени можно интерпретировать как недостаточно надежно.

Учитывая, что уловы стерляди за период с 1990 по 2019 гг. значительно колеблются, модель не может привести биомассу запаса к целевой величине, поэтому оценка биомассы определяется завышенной. Во втором варианте настройка модели, учитывая ранее полученный опыт при работе с первым ва-

риантом, заключалась в корректировке ННН-изъятия за период 1990–2019 гг. путем сглаживания его экспоненциальным трендом, к величинам которого после чего были добавлены объемы официального вылова. Результат расчётов представлен на рисунке 6.

Величина оценённой биомассы запаса в данном варианте оказалась иной (рис. 7) и несколько отличалась от первого варианта расчёта, но при этом количество положительных прогонов модели стало еще меньше. Оцененная по модели DB-SRA биомасса промыслового запаса на 2017 г. составляет 5,9 т против целевого значения в 4,8 т. Также с 2017 по 2019 гг. биомасса промыслового запаса снижается до 5,63 т, а к 2020 г. возрастает до 5,67 т.

Расчёты по модели DB-SRA в зависимости от её настройки показали, что биомасса промыслового запаса по оценкам на ближайшую перспективу может колебаться от 5,9 до 29,7 т, а коэффициент промысловой смертности (F_{MSY}), соответствующий MSY и B_{MSY} ,

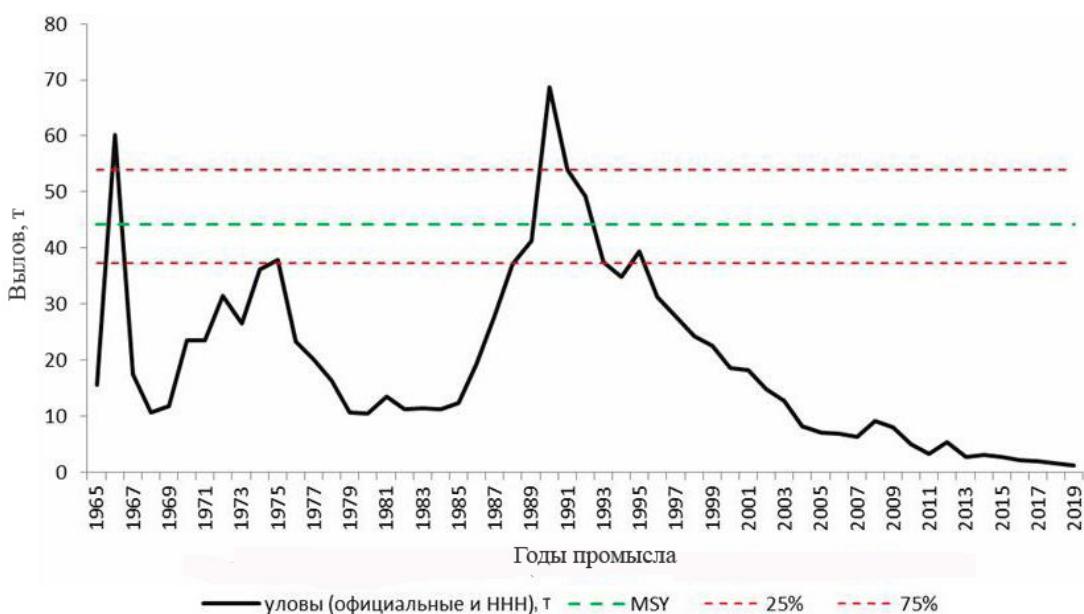


Рис. 6. Динамика суммарных уловов стерляди Куйбышевского водохранилища (официального и ННН – промысла) относительно MSY.

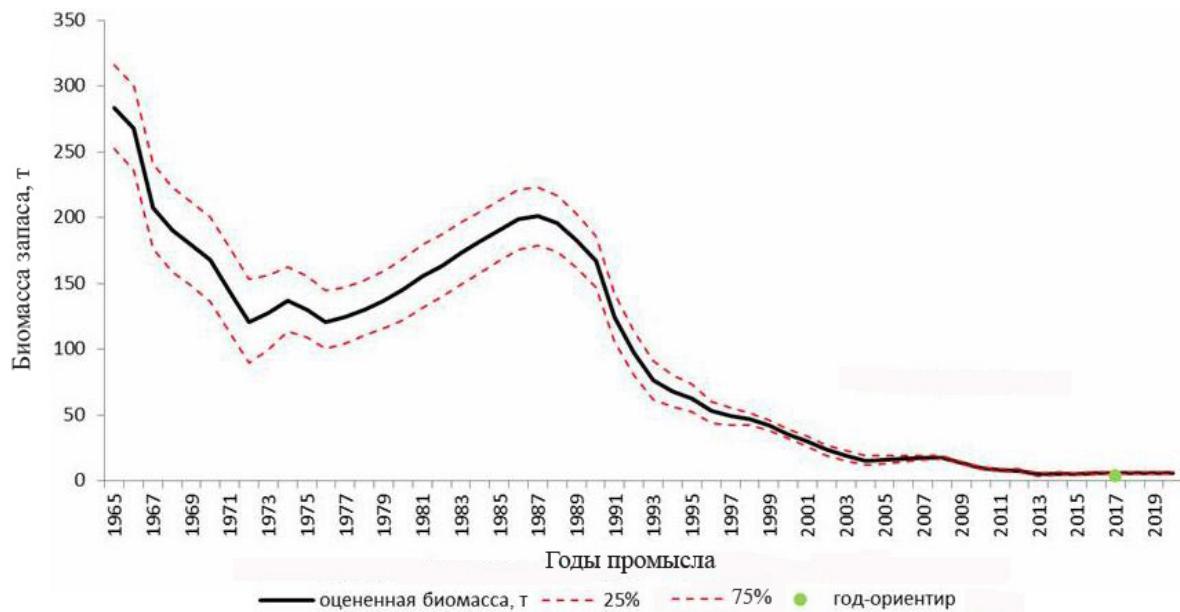


Рис. 7. Динамика оцененной биомассы запаса стерляди Куйбышевского водохранилища (метод DB-SRA).

для этих объёмов промзапаса не должен превышать 0,05. Фактически, данный уровень промыслового смертности равен объёмам квот только для изъятия стерляди в научно-исследовательских целях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ ихтиологического материала по стерляди Куйбышевского водохранилища несколькими методами показал, что ресурсный потенциал этого вида находится на весьма низком уровне. Отмечено упрощение размерно-возрастного состава уловов и продолжающееся снижение доли старшевозрастных групп рыб. Количество стерляди в уловах учётным тралом, как один из показателей относительной численности также имеет нисходящий тренд, свидетельствующий о сокращении запаса.

Расчёты величины коэффициента нерестового потенциала (SPR) стерляди Куйбышевского водохранилища оказалась равна 15%, что находится ниже целевого ориентира (40%) и свидетель-

ствуют о перелове запаса и значительном снижении пополнения.

Как показывает практика, основными мерами, способствующими восстановлению стада до промыслового уровня, наблюдаемого в 80-х гг. прошлого столетия, является ежегодное искусственное воспроизводство в рекомендованных объёмах и продолжение работ по усилению охраны водных биоресурсов.

В настоящее время осуществлён ряд мероприятий по восстановлению её численности, в частности создан природный зоологический заказник «Нерестилище стерляди» на территории 8 муниципальных районов Республики Татарстан, в правила рыболовства Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна внесены места её естественного размножения (перечень нерестилищ) (Правила рыболовства, Приложение 6). Ведётся активная работа по раскрытию организованных групп, специализирующихся на добывче стерляди и выявлению мест её продажи.

Несмотря на эти мероприятия, нами отмечается лишь снижение скорости падения численности стерляди и всё большая локализация её ареала в водохранилище. Уровень промысловой смертности (F_{MSY}), рассчитанный по двум вариантам модели DB-SRA, позволяет ежегодно добывать от 295 кг до 1485 кг этого, что в целом по официальной статистике и наблюдается на водохранилище – уловы за последние годы не превышают 1,0 т. С другой стороны, данные расчёты проведены для популяции стерляди всего водохранилища, а промысел ведётся только в границах двух субъектов, т.е. промысловая нагрузка неравномерна, что может привести к дальнейшему ухудшению состояния запаса.

В связи с выше описанными фактами необходимо рассмотреть вариант введения запрета промысла стерляди в Куйбышевском водохранилище кроме лова в научно-исследовательских целях

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаян В.К., Васильев Д.А., Булгакова Т.И. Оценка объёмов неучтённого вылова // Тр. ВНИРО. 2014. Т. 151. С. 18–26.

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.

Бартоши Н.А. Состояние рыбных ресурсов в Нижнекамском и Куйбышевском водохранилищах в начале XXI столетия. Казань: «Отчество», 2006. 182 с.

Гончаренко К.С., Говоркова Л.К., Анохина О.К., Миловидов В.П., Говорков В.И. Стерлядь Куйбышевского водохранилища, её запасы, прогнозы ОДУ, промысел, естественное воспроизводство // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. 2007. Вып. 336. С. 91–108.

Гранин А.В., Шакирова Ф.М., Таиров Р.Г. и др. Рост стерляди *Acipenser ruthenus* L. Куйбышевского водохранилища (по материалам

2012–2019 гг.) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 40–49. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-40-49.

Ермолин В.П., Белянин И.А., Кияшко В.В., Ильин Н.С. Современное состояние популяции стерляди (*Acipenser ruthenus*) в Саратовском водохранилище // Сб. статей 22-й Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения», 12 декабря 2020 г. Пенза: Изд. Наука и просвещение, 2020. С. 10–16.

Зыков Л.А., Герасимов Ю.В., Абраменко М.И. Оценка промыслового возврата стерляди *Acipenser ruthenus* Нижней Волги от молоди искусственного воспроизводства // Вопр. рыболовства. 2017. Т. 18. № 4. С. 422–437.

Капкаева Р.З. Стерлядь Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1988. Вып. 280. С. 43–54.

Карагайшиев К.К. Опыт оценки запасов стерляди в водохранилищах при минимальной численности её популяции // Рыбн. хоз-во. 2013. № 4. С. 67–71.

Лукин А.В. Основные черты экологии осетровых в Средней Волге // Тр. общества естествоиспытателей при Казанск. гос. ун-те. 1947. Т. 57. Ч. 1. Вып. 3–4. 143 с.

Минин А.Е. Формирование рыбных запасов и перспективы развития промысла на Чебоксарском водохранилище. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Калининград, 2012. 24 с.

Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб. М.: Наука, 1974. 448 с.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1966. 376 с.

Рихтер В.А., Ефанов В.Н. Об одном из подходов к оценке естественной смертности рыбных популяций // Тр. АтлантНИРО. 1977. Вып. LXXIII. С. 77–85.

Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология. / Под ред. Ю.В. Герасимова Ярославль: Филигрань, 2015. 418 с.

Стерлядь Куйбышевского водохранилища и пути её приспособления к новому существованию / под. ред А.В. Лукина. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1981. 86 с.

Таиров Р.Г., Шакирова Ф.М., Северов Ю.А., Калайды А.Э., Горшков М.А. Современное состояние стерляди Куйбышевского водохранилища, возможности и задачи для восстановления и поддержания её запасов // Современное состояние биоресурсов внутренних водоёмов и пути их рационального использования: материалы докл. Всерос. конф. с междунар. участием, посв. 85-летию Татар. отделения ГосНИОРХ (Казань, 24–29 октября 2016 г.). Казань: Изд-во ГосНИОРХ, 2016. С. 1005–1012.

Цыплаков Э. П. Использование запасов стерляди в Куйбышевском водохранилище // Рыбн. хоз-во. 1977. № 5. С. 30–32.

Цыплаков Э.П. Миграции и распределение стерляди *Acipenser ruthenus* L. В Куйбышевском водохранилище // Вопр. ихтиологии. 1978. Т. 18. Вып. 6 (113). С. 1020–1028.

Шашуловский В.А., Мосияш С.С. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы. М: Товар. науч. изд. КМК, 2010. 250 с.

Шибаев С.В. Промысловая ихтиология. Калининград: ООО «Аксиос», 2014. 535 с.

Alverson D., Carney M. A graphic review of the growth and decay of population cohorts // J. du Conseil Internat. pour l'Exploration de la Mer. 1975. V. 36. № 2. P. 133–143.

Brooks E.N., Powers J.E., Cortés E. Analytical reference points for age-structured models: application to datapoor fisheries // ICES J. Mar. Sci. 2010. V. 67. № 1. P. 165–175. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp225>.

Clark W.G. F 35% revisited ten years later // N. Am. J. Fish. Manag. 2002. V. 22. P. 251–257.

Dick E.J., MacCall A.D. Depletion-based stock reduction analysis: a catch based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks // Fish. Res. 2011. V. 110. P. 331–341.

Jensen A.L. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1996. V. 53. P. 820–822.

Hewitt D., Hoenig J. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity // Fish. Bull. 2005. V. 103. P. 433–437.

Hoenig J. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates // Fish. Bull. 1983. № 81. P. 893–903.

Holt S.J. The evaluation of fisheries resources by the dynamic analysis of stocks, and notes on the time factors involved // ICNAF. Spec. Publ. 1958. № 1. P. 77– 95.

Hordyk A., Ono K., Sainsbury K., Lone-
ragan N., Prince J. Some explorations of the life
history ratios to describe length composition,
spawning-per-recruit, and the spawning potential
ratio // ICES J. Mar. Sci. 2015. V. 72. № 1.
P. 204–216.

Ogle D.H., Wheeler P., Dinno A. 2018. FSA:
Fisheries Stock Analysis. R package version
0.8.22.9000 (www.github.com/droglenc/FSA).

Nelson G.A. Fishmethods: fishery science
methods and models in R. R package version
1.11-2. 2021. (<https://CRAN.R-project.org/package=fishmethods>).

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing. Vienna, Austria, 2020. (<https://www.R-project.org/>).

BIOLOGY OF COMMERCIAL HYDROBIONTS

**EVALUATION OF THE RESOURCE POTENTIAL OF THE STERLET
(*ACIPENSER RUTHENUS*) OF THE KUIBYSHEV RESERVOIR**

© 2022 г. Yu.A. Severov, A.V. Granin, I.A. Safaraliev*, N.G Zapadaeva**

*Tatarstan branch of Russian Federal Research Institute of
Fisheries and Oceanography, Kazan, 420111*

** Volga-Caspian branch of Russian Federal Research Institute
of Fisheries and Oceanography, Astrahan, 414056*

*** System analysis laboratory of Russian Federal Research Institute
of Fisheries and Oceanography, Moscow, 107140*

An assessment of the current state of the stock of sterlet in the Kuibyshev reservoir is given. In the conditions of a lack of information support about the stock, its state was assessed by non-model methods – a qualitative assessment was carried out using the method of estimating the spawning potential ratio (Length based spawning potential ratio – LBSPR), to determine the quantitative state, the DB-SRA (Depletion-based stock reduction) method was used. analysis) – a stochastic analysis of stock reduction that uses a hybrid production model. According to the results of the research, it was noted that by now the resource potential of this species is at a critical level. The size-age composition of catches has changed significantly, where the abundance of older fish groups is extremely low. The calculated spawning potential ratio (SPR) of sterlet from the Kuibyshev Reservoir (15%) indicates overfishing and a significant decrease in stock recruitment. The fish stock value calculated by DB-SRA with various model settings ranges from 5,9 to 29,7 tons and is generally the smallest value observed historically in the reservoir.

Keywords: sterlet *Acipenser ruthenus*, Kuibyshev reservoir, stock assessment, data-limited methods.