

Индикаторная оценка состояния популяции рыбца в условиях дефицита биологической информации в Азовском море методом LBI

DOI

Козоброд И.Д. – исполняющий обязанности заведующего Лабораторией проходных и полупроходных рыб;
Пятинский М.М. – ведущий специалист группы математического моделирования и прогноза;
Власенко Е.С. – главный специалист Лаборатории проходных и полупроходных рыб Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)

@ kuznecovainna1811@yandex.ru

Ключевые слова:
популяционное моделирование, рыбец, Азовское море, оценка запаса, рекомендованный вылов, прогнозирование запаса

Keywords:
population modeling, vimba, Azov sea, stock assessment, total allowed catch, stock forecast

AZOV SEA VIMBA INDICATOR ASSESSMENT OF THE STATE OF FISH POPULATION IN TERMS OF LACK OF BIOLOGICAL DATA BY LBI MODEL

Kozobrod I.D. – Laboratory executive Chief Anadromous and semi-anadromous fish laboratory;
Piatinskii M.M. – Lead researcher Math models & forecast group;
Vlasenko E.S. – chief researcher Anadromous and semi-anadromous fish laboratory Azov-Black sea branch of FSBI "VNIRO" ("Azniirkh»)

Stock assessment of vimba population *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758) in period 2015–2020 was performed by qualitative indicator method LBI (Length-Based Indicators) that allows to assess qualitative characteristics of the population and fisheries and MSY biological reference points. The indicator, qualitative approach to stock assessment was applied due to absence vimba population of stable stock-recruitment relationship (due to artificial reproduction exist), which makes impossible to apply surplus production approach to solve production equation dB/dt .

LBI model was performed based on available length-weight vimba frequencies dynamics information, which allows to evaluate qualitative population characteristics and fisheries impact. Model results shows no overexploitation signals: in period 2015–2020 fisheries are carried out in maximum sustainable yield level.

Indicator results according to reference points indicate no significant signals of reduction optimal length class (L_{opt}), small-size or large-size class. In 2016 and 2018 uncertain overexploitation of small-scale classes leads to no significant changes was underlined. In terms of biological and fisheries data lacking, LBI methods allow to perform stock assessment procedure more stable and robust than surplus or cohort approach, and output scientific advice to fisheries management.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбец (сырть) (*Vimba vimba* (Linnaeus, 1758) – представитель проходных видов карповых рыб бассейна Азовского моря, совер-

шающих протяжённые миграции в реки для икрометания [4]. Добыча рыбца преимущественно осуществляется как прилов ставными и закидными невода-

ми, каравками, вентерями, а также любительскими орудиями лова [17; 18; 12].

Промысловый запас и численность рыбака зависит от многих абиотических и биотических факторов среды обитания, таких как: материковый сток, соленость, кормовая база, промышленная нагрузка и антропогенное воздействие [16]. В Азовском море и Таганрогском заливе, под воздействием перечисленных особенностей среды, условия для обитания рыбака из-за нестабильности становятся причиной колебаний численности и уловов данного вида [8; 16].

В период до зарегулирования стока Дона (1927-1952 гг.) уловы рыбака находились в интервале от 110 т до 590 т, а среднегодовое количество добычи в Азово-Донском районе достигало 270 т [1].

Зарегулирование стока р. Дон оказало отрицательное влияние на воспроизводство рыбака. Плотины преградили рыбе доступ к естественным нерестилищам. Пропуск через рыбопропускные шлюзы не всегда бывает эффективным из-за утраты естественных нерестилищ данного вида, падения скоростей течения, заиления дна реки, ухудшения газообмена, понижения температуры воды в придонных слоях. Из-за изменения гидрологического режима в верхнем бьефе рыба не всегда находит нерестилища, поэтому скатывается в нижний бьеф с не выметанными, либо резорбированными половыми продуктами [13]. Вышеуказанные факторы привели к сокращению запаса и добычи рыбака в период 1960-1969 гг., его уловы сократились до 11-59 т [6].

В период 1970-2000 гг. уловы продолжали сокращаться в среднем на 10 т в десятилетие, и к началу XXI века составляли 0,7-3,8 т, что более чем в 100 раз ниже, чем до зарегулирования р. Дон [8]. В 2001 г. был введен запрет на промышленный вылов рыбака на четыре года, и с 2005 г. был рекомендован щадящий режим промысла – 10% от запаса [12]. С 2004 г. рыбопромысловая статистика демонстрирует низкие величины годового изъятия в интервале 0,65-12,763 т [8], относительно предшествующих периодов.

Одним из основных факторов, оказывающих воздействие на промысловый запас рыбака является незаконный, нерегулируемый, несообщаемый промысел (далее – ННН-промысел), оценки которого для популяции рыбака в данный момент не выполнялись. В условиях продолжающегося осолонения Азовского моря и формирования нестабильных опресненных зон, фактор ННН-промысла оказывает существенное влияние на величину запаса рыбака [14; 9; 10].

В предыдущие годы оценка запаса рыбака выполнялась при помощи метода прямого учета [2]. Данный метод традиционно использовался в водоемах Азовского бассейна. Суть его заключается в определении уловов на промысловое усилие активными орудиями лова (придонным тралом) с отнесением их к площади, занимаемой скоплением, с помощью учетной траловой съемки и вычисления при помощи линейного метода величины запаса во всем водоеме [7]. В 2020 г. применение площадного метода оказалось не-

Аналитическая оценка состояния популяции рыбака (*Vimba vimba* (Linnaeus, 1758)) в период 2015-2020 гг. выполнена при помощи индикаторного метода LBI (Length-Based Indicators), позволяющего оценить качественные характеристики популяции и промысловые ориентиры концепции MSY. Индикаторный, качественный подход к популяционному моделированию применен по причине отсутствия у популяции рыбака постоянной устойчивой связи запас-пополнение (из-за наличия искусственного воспроизводства), что делает недопустимым применение моделей использующих продукционную связь dB/dt .

На основе имеющейся информации о размерно-массовой динамике изменчивости параметров рыбака и анализа информационного обеспечения была выполнена параметризация модели LBI, которая позволяет оценить качественные характеристики популяции и воздействие на нее промысла. Результаты построения модели показали отсутствие признаков переэксплуатации популяции: в период 2015-2020 гг. эксплуатация выполнялась на рациональном уровне.

Полученные индикаторные сведения относительно биологических ориентиров не указывают на наличие признаков сокращения оптимальной длины (L_{opt}) в популяции или сокращения численности мелкоразмерных и крупноразмерных классов. В 2016 и 2018 г. отмечена незначительная переэксплуатация мелкоразмерных классов, не повлиявшая на состояние популяции в последующие годы. В условиях недостаточной полноты биологических и промысловых данных, расчет запаса рыбака по индикаторным моделям является более надежным способом оценки запаса и представлений рекомендаций регулирования промысла, чем когортными и продукционными моделями.

возможным, ввиду низкой частоты встречаемости рыбака в учетных траловых съемках в Азовском море.

В соответствии с методическими рекомендациями ФГБНУ «ВНИРО», для оценки запаса и определения правил регулирования промысла принято использовать модельный подход в концепции предосторожной эксплуатации биоресурсов [19; 3]. В зависимости от полноты, непрерывности и обилия биологических и промысловых данных, выделяют 3 различных уровня информационной обеспеченности:

I – предполагает наличие непрерывных многолетних данных о размерно-весовой, возрастной, половой структуре популяции, промысловые и научные данные о популяционной убыли;

II – многолетнюю динамику промыслового изъятия и промыслового усилия;

III – наличие неполных и прерывистых данных о промысле и других индикаторных сведений о виде.

Основной целью данной работы является оценка состояния промысловой популяции и биологических ориентиров её рациональной эксплуатации, в соответствии с методическими рекомендациями и международными практиками.

Таблица 1. Размерные характеристики уловов рыбца по классам длин (SL, см) на ПМ за период 2015-2020 годы / **Table 1.** Size characteristics of fish catches by length class (SL, cm) per PM for the period 2015-2020

Размерный класс	2015	2016	2017	2018	2019	2020
13,1-14	2	0	0	0	0	0
14,1-15	0	0	0	0	0	0
15,1-16	3	1	0	0	4	0
16,1-17	3	2	0	1	2	0
17,1-18	9	9	0	0	2	0
18,1-19	4	6	0	5	2	0
19,1-20	8	4	1	6	0	0
20,1-21	7	8	1	4	0	4
21,1-22	11	5	1	8	6	3
22,1-23	29	16	2	10	10	4
23,1-24	10	8	4	11	21	14
24,1-25	5	5	5	10	13	9
25,1-26	8	8	5	4	12	3
26,1-27	4	3	3	4	7	5
27,1-28	1	4	0	0	6	4
28,1-29	0	0	0	0	2	2
29,1-30	0	0	0	1	1	3
30,1-31	1	0	0	0	3	1
31,1-32	0	0	0	1	0	1



МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В соответствии с методическими рекомендациями [3] и требованиями к процедуре оценки запасов, имеющиеся многолетние данные по биологии и промыслу рыбца не имели достаточной полноты для построения структурированных когортных (I информационный уровень) или продукционных (II информационный уровень) моделей по следующим причинам:

1. Отсутствует непрерывный многолетний исторический ряд уловов. Вследствие низкого запаса, промышленный лов рыбца был запрещён с 2000 г. по 2004 г.

2. Не определен улов на единицу промыслового усилия. Для расчета промыслового усилия необходимы данные по количеству использованных орудий лова. Для рыбца определить эту цифру невозможно, т.к. ее промысел осуществляется различными орудиями лова на протяженном участке Азово-Донского бассейна. На достоверность све-

дений о вылове большое влияние оказывает ННН-промысел, репрезентативный учет орудий лова которого отсутствует. В результате нет возможности выполнить стандартизацию уловистости всех орудий лова.

3. Отсутствие прямых или косвенных оценок степени ННН-промысла. Невозможность уточнения ряда промыслового изъятия на величину ННН-промысла делает невозможным применение методов, основанных на многолетней рыбохозяйственной статистике.

4. Недостаточная полнота данных по темпам полового созревания.

5. Данные по полному биологическому анализу ограничены только уловами учетных траловых съемок, биологические сведения из промысловых изъятий – неполные и прерывистые.

Недостаточная полнота и достоверность информации исключают использование когортных моделей I информационного уровня, для построения которых необходима информация о структурированном промысловом изъятии по возрастам и другие биологические сведения. Применение продукционных моделей II информационного уровня невозможно по причине ведения промысла различными орудиями лова, стандартизация которых не выполнялась.

В соответствии с методическими рекомендациями, при невозможности применения методов I и II уровня информационной обеспеченности, для оценки состояния популяции рыбца в бассейне Азовского моря применимы методы только III уровня информационной обеспеченности. Применение методов III уровня, использующих в качестве

входных данных величину промыслового изъятия, невозможно по причине отсутствия репрезентативных оценок ННН-промысла за весь промысловый период. Недопустимо и применение методов в качестве аналитической реализации целевой функции использующих производственную связь dB/dt (таких как DLM Toolkit, CMSY, BSM, DB-SRA и др.) по причине наличия фактора искусственного воспроизводства, наряду с естественным, у популяции рыба. Использование производственных моделей возможно лишь в случаях, когда пополнение запаса функционально зависит от биомассы промыслового запаса, что не применимо для популяции рыба в Азовском море – начиная с 2009 г. отмечается искусственный выпуск молоди рыба в р. Дон.

Учитывая низкую репрезентативность и неполноту рыбохозяйственной статистики, невозможность стандартизации информации о промысловом усилии, отсутствие биологических сведений из промысловых данных для аналитической оценки состояния популяции рыба, применимы лишь качественные, индикаторные методы оценки. На основе имеющейся информации о размерно-массовой динамике изменчивости параметров рыба (табл. 1, 2) и результатов анализа информационного обеспечения, была выполнена параметризация модели LBI [23, 24, 20, 21]. Модель LBI позволяет оценить качественные параметры популяции и воздействие на нее промысла. Данный метод является полностью индикаторным подходом в оценке состояния популяции, позволяет выполнить оценку биологических и промысловых

ориентиров – P_{mega} , L_c/L_{mat} , L_{mean}/L_{opt} и др. Метод реализует качественный подход концепции MSY при оценке степени эксплуатации популяции – ориентир $L_{mean}/L_{F=M}$. Помимо качественного подхода к оценке рациональности эксплуатации популяции метод позволяет оценить правила оптимизации эксплуатации мелкоразмерных и крупноразмерных особей промыслом.

Сбор первичной информации о размерно-массовых характеристиках выполнялся в период 2015-2020 гг. на тоне Веселая (Азовский пост мониторинга) и с. Боцманово (Таганрогский пост мониторинга) в весенний, летний и осенний периоды. В уловах рыба присутствует как прилов, специализированного орудия лова на него нет. В качестве размерной характеристики измерялась стандартная длина (SL) особей и абсолютная масса тела.

Для параметризации модели, помимо размерно-массовых характеристик, необходимы оценки 3-х параметров популяции:

- длина, при которой 50% особей достигает половой зрелости (L_{mat});
- максимальная теоретическая длина особи из уравнения роста модели Берталанфи (L_{∞})
- пропорция M/K – отношение коэффициента средней естественной смертности (M) к коэффициенту индивидуального роста модели Берталанфи (K).

Для рыба Азово-Донского бассейна оценки параметров L_{mat} , L_{∞} , M/K ранее не выполнялись. По имеющимся работам для рыба в других водоемах [22] оценки L_{∞} стандартной длины (SL) ко-

Таблица 2. Размерно-массовые характеристики рыба (средняя навеска, г, по размерным классам длин) уловов на ПМ рыба за период 2015-2020 годы / **Table 2.** Size and mass characteristics of fish (average weight, g, by size classes of lengths) of catches per PM of fish for the period 2015-2020(SL, cm) per PM for the period 2015-2020

Размерный класс	2015	2016	2017	2018	2019	2020
13,1-14	48	0	0	0	0	0
14,1-15	0	0	0	0	0	0
15,1-16	69	62	0	0	59	0
16,1-17	72	83	0	75	75	0
17,1-18	94	92	0	0	94	0
18,1-19	102	110	0	109	102	0
19,1-20	130	124	120	112	0	0
20,1-21	153	150	170	141	0	142
21,1-22	168	169	169	153	171	183
22,1-23	197	203	198	183	181	198
23,1-24	224	227	241	193	208	219
24,1-25	259	250	238	227	243	236
25,1-26	284	291	286	243	273	247
26,1-27	293	338	280	259	294	314
27,1-28	302	376	0	0	350	376
28,1-29	0	0	0	0	360	385
29,1-30	0	0	0	350	400	477
30,1-31	516	0	0	0	497	477
31,1-32	0	0	0	575	0	538

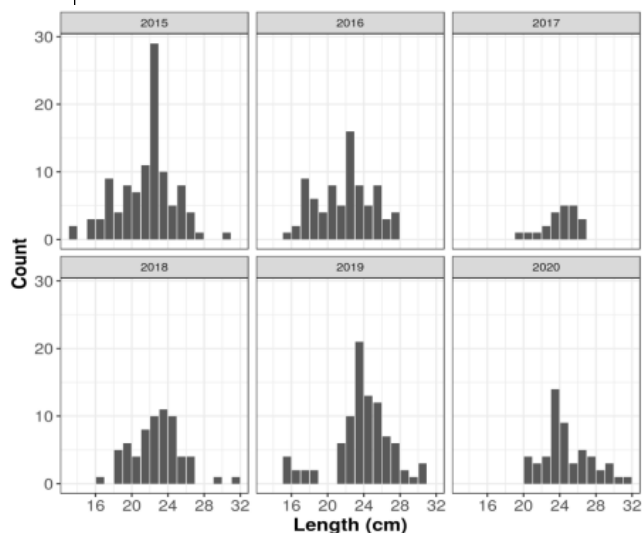


Рисунок 1. Распределение численности рыба по размерным классам за период 2015-2020 годов

Figure 1. Distribution of the fish population by size class for the period 2015-2020

леблются в диапазоне от 27,8 см до 30,8 см. Работы по определению длины созревания рыба отсутствуют, однако известно, что рыба достигает половой зрелости в возрасте 3-5 лет [15]. Оценки естественной смертности рыба азовского бассейна не выполнялись.

Учитывая имеющиеся данные о параметрах популяции рыба в других водоемах и сведениях о максимально наблюдаемой длине рыба в Азовском море, для параметризации модели LBI L_{∞} был определен на уровне $L_{\infty} = 32$ (см), длина созревания L_{mat} на уровне средней длины 3-х годови-

ков $L_{mat} = 20$ (см). Так как оценки естественной смертности отсутствуют, а параметр индивидуального роста по публикациям приблизительно соответствует $K \sim 0,2$, в предположении об отсутствии значимых различий между естественной смертностью карпообразных, пропорция определена на уровне $M/K = 1,5$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для предварительной диагностики частот распределения длин была выполнена визуализация ретроспективной изменчивости размерных характеристик рыба (рис. 1). Визуальный анализ рисунка 1 показывает, что в 2015 г. модальный класс в уловах был представлен группой 22,1-23 см, а стандарт распределения свидетельствует о высокой частоте встречаемости мелкоразмерных особей.

В 2016 г. распределение размерных характеристик не имеет значимых отклонений от 2015 г. В 2017 г. отмечено резкое снижение численности рыба в уловах, а также уменьшение численности мелкоразмерных особей в уловах. Период 2018-2020 гг. характеризуется постепенным смещением модальной группы уловов в сторону крупноразмерных особей (класс 23,1-24 см) и отсутствие доминирования мелкоразмерных или крупноразмерных особей (близко к нормальному стандарту распределения). Таким образом, ретроспективный анализ размерных характеристик указывает на высокий уровень пополнения молодью популяции рыба в 2015-2016 гг., при низкой численности крупноразмерных особей, а после – в период 2018–2020 гг., свидетельствует о смещении модального класса в сторону крупноразмерных особей на фоне сокращения численности мелкоразмерных особей.

Таблица 3. Индикаторы метода LBI и их интерпретация / **Table 3.** LBI indicators and their interpretation

Индикатор	Определение	Целевой ориентир индикатора	Пропорция индикатора к ориентиру	Ожидаемое значение пропорции	Опция управления
$L_{max5\%}$	средняя длина особей, составляющих 5% конца ряда (максимально наблюдаемых длин)	L_{inf}	$L_{max5\%} / L_{inf}$	> 0,8	Сохранение крупноразмерных особей
$L_{95\%}$	длина, ниже которой находится 95% значений		$L_{95\%} / L_{inf}$		
P_{mega}	доля рыб, больше, чем доля рыб оптимальной длины (L_{opt})+10%	0,3-0,4	P_{mega}	> 0,3	
$L_{25\%}$	длина, ниже которой лежит 25% значений	L_{mat}	$L_{25\%} / L_{mat}$	> 1	Сохранение мелкоразмерных особей
L_c	длина первой поимки (длина 50% моды)	L_{mat}	L_c / L_{mat}	> 1	
L_{mean}	Средняя длина особей, которые крупнее L_c	$L_{opt} \cdot 3 / (3 + M/k) \cdot L_{inf}$	L_{mean} / L_{opt}	≈ 1	Оптимальный вылов
L_{maxy}	Размерный класс, составляющий основу вылова	$L_{opt} \cdot 3 / (3 + M/k) \cdot L_{inf}$	L_{maxy} / L_{opt}	≈ 1	
L_{mean}	Средняя длина особей, крупнее L_c	$L_{F=M} = (0,75L_c + 0,25L_{inf})$	$L_{mean} / L_{F=M}$	≥ 1	MSY

Таблица 4. Индикаторы, целевые ориентиры модели LBI, рыбец /
Table 4. Indicators, targets of the LBI model, rybets

Год	Сохранение (крупно- и мелкоразмерные)				Правило оптимизации	MSY
	L_c / L_{mat}	$L_{25\%} / L_{mat}$	$L_{max 5} / L_{inf}$	P_{mega}	L_{mean} / L_{opt}	$L_{mean} / L_{F=M}$
2018	0.98	1.07	0.91	0.48	1.09	1.03
2019	1.18	1.12	0.94	0.71	1.19	0.99
2020	1.18	1.18	0.96	0.79	1.20	1.00

Результаты моделирования LBI в ретроспективном периоде представлены на рисунке 2. Интерпретация графических результатов моделирования относительно индикаторов и биологических ориентиров выполняется в соответствии с таблицей 3.

Результаты расчета популяционных индикаторов относительно целевых ориентиров, ориентиров оптимизации и их интерпретация для последних 3-х лет представлены в таблице 4. В таблице, для удобства визуальной интерпретации, используется метод семафоров (двухцветная схема) – зеленый цвет говорит о соответствии ориентира ожидаемым значениям из таблицы 3, красный – об отклонении ориентира от ожидаемых значений.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Визуальная диагностика графиков 2a, 2b свидетельствует о рациональной эксплуатации популяции практически за весь период 2015-2020 гг., отмечается лишь незначительная переэксплуатация мелких возрастных классов в 2016 г. и незначительное сокращение средне размерной группы (L_{opt}) в 2017 г., тем не менее, не угрожающее численности мелкоразмерных особей ($L_{25\%}/L_{mat}$). Правила оптимизации (рис. 2c, 2d), указывают на сохранение в популяции особей средней оптимальной длины L_{mean}/L_{opt} и незначительное доминирование мелкоразмерных классов в 2015-2016 годы. Правило оптимизации также указывает на оптимальное изъятие ($L_{maxy}/L_{opt} \sim 1$) в период 2015-2020 годов.

Анализ рациональности эксплуатации (концепция MSY) (рис. 2e, 2f), свидетельствует о соблюдении уровня максимально устойчивой эксплуатации за весь период 2015-2020 гг. ($L_{mean}/L_{F=M} > 1$) с признаками незначительной переэксплуатации среднеразмерных классов в 2015 и 2017 гг., что сопровождалось незначительным сокращением оптимальной (L_{opt}) и средней (L_{mean}) длины в популяции в 2016 и 2018 годов. Критерий P_{mega} , характеризующий долю рыб больше оптимального размерного класса за весь период 2015-2020, находился выше уровня целевого ориентира ($P_{mega} = 0,3$), что подтверждает гипотезу об отсутствии признаков переэксплуатации популяции.

По всей полученной совокупности ретроспективного анализа можно сделать заключение об отсутствии значимых сигналов об ухудшении качественных характеристик популяции в период 2015-2020 гг., обусловленных промыслом.

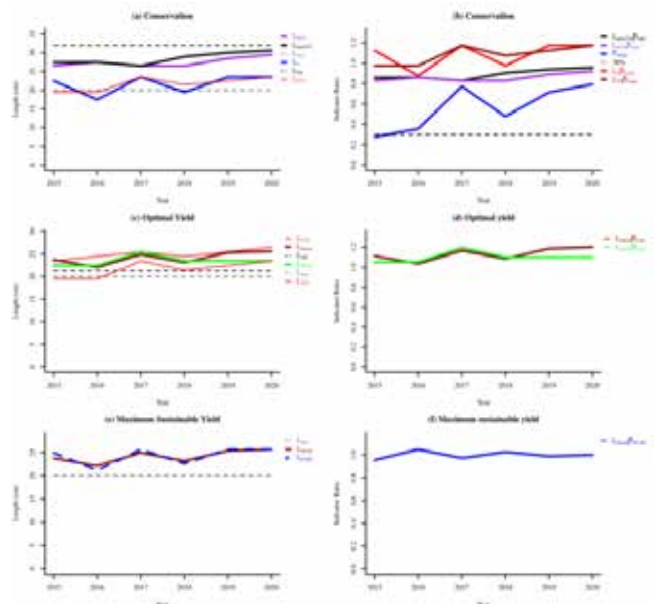


Рисунок 2. Модель LBI. Рисунки a, b – консервативные ориентиры (эксплуатация крупных и мелкоразмерных классов); c, d – ориентиры оптимального вылова; e, f – ориентиры концепции MSY

Figure 2. The LBI model. Figures a, b-conservative reference points (exploitation of large and small-sized classes); c, d-optimal catch reference points; e, f – MSY concept reference points

Рыбопромысловая статистика вылова рыбака указывает на постепенное сокращение величины промыслового запаса и изъятия рыбака в период 2010-2017 годов. В этот же период отмечается высокий уровень искусственного выпуска рыбака рыбободным заводом (табл. 5). В последующий период 2018-2020 гг., по результатам прямого учета, отмечается незначительный рост запаса рыбака и его фактического вылова, который был обусловлен многочисленным пополнением, сформированным генерациями искусственного выпуска в предшествующие 2010-2017 годы. Результаты прямого учета подтверждаются результатами моделирования LBI. Начиная с 2018 г. отмечается существенное сокращение уровня искусственного выпуска рыбака – со среднемноголетнего уровня в 8-10 млн экз. до уровня в 0-4 млн экземпляров.

Рыбец в поймах р. Дон в настоящее время не утратил возможность к естественному воспроизводству, тем не менее, его объемы существенно сократились в последние годы, на фоне ухудшившихся гидроло-

Таблица 5. Многолетняя рыболовная статистика и искусственное воспроизводство рыбы / **Table 5.** Long-term fishing statistics and artificial reproduction of fish

Год	Запас, т	Разрешенный вылов, т	Фактический вылов, т	% освоения разрешенного вылова	Искусственный выпуск, млн экз.
2010	135	13,5	3,52	26	9
2011	80	8	0,9	11	9
2012	74	7	9,99	143	9
2013	55,2	5	4,59	92	10,2
2014	65,5	6,5	5,05	72	8,3
2015	59	5,9	10,3	172	8,4
2016	54	5,4	8,3	166	8,4
2017	50	5	2,02	40	8,5
2018	78	7,6	5,64	74	0,05
2019	66	7	5,07	72	3,774
2020	104	10	12,763	128	4,81

гических особенностей водного режима р. Дон [5; 13]. В последнее время запас рыбы формируется низкоурожайными поколениями, так как главным фактором, определяющим численность поколений молоди, является гидрологический режим в период размножения [11; 13]. От водности года зависит урожайность, поведение и распределение молоди: в маловодные годы сеголетки рыбы менее интенсивно скатываются и остаются в местах нереста до следующего года, урожайность молоди снижается из-за сокращения площади нерестилищ и гибели икры от осушения [11; 18]. В настоящее время наблюдается период маловодного цикла 2007-2020 гг.: среднее значение годового стока – 15 км³, весеннего – 4,4 км³; (в период 1994-2006 гг.: годовой – 24 км³, весенний – 8,1 км³) [10; 14]. В 2018 г. отмечались умеренно благоприятные условия гидрологического режима – суммарный годовой сток составил 23,55 км³, весенний – 9,29 км³, что, вероятно, благоприятно сказалось на эффективности естественного воспроизводства рыбы в этот год. В 2020 г. годовой сток р. Дон катастрофически снизился до уровня 10,55 км³, а весенний – до 2,23 км³, в результате чего, вероятно, сеголетки рыбы не скатывались в Азовское море, оставаясь в местах нереста в р. Дон.

Результаты индикаторных оценок, относительно целевых ориентиров (табл. 4), свидетельствуют о рациональной эксплуатации популяции рыбы в 2018-2020 гг. с признаками незначительной переэксплуатации в 2019 г. ($L_{\text{mean}} / L_{F=M} = 0,99$), что не привело к угрозе сокращения численности крупноразмерных ($L_{\text{max}5\%} / L_{\text{inf}} > 0,8$) или мелкоразмерных ($L_{25\%} / L_{\text{mat}} > 1$) особей, и, в целом, доля рыб больше оптимальной длины была выше граничного ориентира ($P_{\text{mega}} > 0,3$). Эксплуатация в 2020 г. была на рациональном уровне.

Модель LBI не позволяет выполнить количественную оценку величины запаса, а лишь позволяет оценить качественные индикаторы состояния популяции. Тем не менее, можно выдвинуть предположение об ожидаемой величине запаса в последующие годы, с учетом известных многолетних оценок запаса, искусственного и естественного воспроизводства, а также планируемой величины рекомендованного вылова. Имеющаяся информа-

ция об уровне искусственного воспроизводства в таблице 5 свидетельствует об уменьшении объемов выпуска в 2018-2020 гг. относительно предыдущего периода более чем в 2 раза. Искусственное воспроизводство играет важную роль в формировании запаса рыбы – его объемы даже в период сокращения уровня выпуска в 2018-2020 гг. превышают уровень естественного воспроизводства (2,1 млн экз. в среднем за период 2009-2020 гг.).

Таким образом, снижение объемов искусственного воспроизводства в период 2018-2020 гг. существенно негативно скажется на пополнении запаса в 2021-2023 годы. Снижение запаса, как ожидается, будет не столь существенным на фоне благоприятного уровня естественного воспроизводства в 2018-2019 гг. (7,1 и 2,4 млн экз., соответственно).

По совокупности всех полученных результатов и с учетом отсутствия признаков ухудшения качественных характеристик популяции, по индикаторным сведениям, биомасса запаса в 2022 г. будет находиться на уровне среднемноголетней величины за период 2018-2020 и в условиях рациональной эксплуатации должна составить не менее 82 тонн. В рамках концепции MSY рекомендуется следовать стратегии максимально устойчивой эксплуатации, при которой научная рекомендация уровня рекомендованного изъятия должна составить не более 7,5 тонн.

ВЫВОДЫ

1. Для популяции рыбы в Азовском море впервые выполнено аналитическое оценивание состояния популяции качественным индикаторным методом LBI. Результаты анализа показали отсутствие признаков переэксплуатации популяции за период 2015-2020 годов.

2. В работе показано отсутствие признаков сокращения средней оптимальной длины популяции. Отсутствуют признаки переэксплуатации мелкоразмерных и крупноразмерных классов.

3. В период 2018-2020 гг. отмечена рациональная эксплуатация на уровне максимально устойчивого вылова.

4. Сокращение объемов искусственного воспроизводства в период 2018-2020 г., вероятно, негативно скажется на биомассе запаса и приведет

к ее сокращению в период 2021-2023 годов. Тем не менее, в настоящее время рыбец сохранил возможность к естественному воспроизводству, которое, отчасти, позволит компенсировать сократившиеся объемы искусственного выпуска.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Аверкиев Ф.В. Сборник статистических сведений об уловах рыб и нерыбных объектов в Азово-Черноморском бассейне за 1927-1959 гг // Тр. АЗНИИРХ. – 1960. – Т. 1. – №2. – 93 с.
1. Averkiev F. V. Collection of statistical data on fish catches and non-fish objects in the Azov-Black Sea basin for 1927-1959 // Tr. AzNIIRH. - 1960. - Vol. 1. - No. 2. - 93 p.
2. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищевая промышленность, 1968. – 288 с.
2. Aksyutina Z.M. Elements of mathematical evaluation of the results of observations in biological and fisheries research. Moscow: Food industry, 1968. - 288 p.
3. Бабаян В.К. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. / В.К. Бабаян, А.Е. Бобырев, Т.И. Булгакова и др. М.: ВНИРО, 2018. – 294 с.
3. Babayan V.K. Methodological recommendations on the assessment of priority types of aquatic biological resources. / V.K. Babayan, A.E. Bobyrev, T.I. Bulgakova et al., Moscow: VNIRO, 2018. - 294 p.
4. Васильева Е.Д. Рыбы бассейна Азовского моря. / Е.Д. Васильева, В.А. Лужняк – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Южный научный центр Российской академии наук, 2013. – 224 с.
4. Vasilyeva E.D. Fish of the Azov Sea basin / E.D. Vasilyeva, V.A. Luzhnyak – Federal State Budgetary Institution of Science Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2013. - 224 p.
5. Горбачева Л.Т. и др. Состояние воспроизводства проходных рыб (русского осетра *Acipenser Gueldentadti*, севрюги *Acipenser Stellatus*, рыбеца *Vimba Vimba*, шемаи *Chalcalburnus Chalcoides Mento*) в условиях Азовского бассейна // Труды АЗНИИРХ (результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне). – 2017. – С. 216-225.
5. Gorbacheva L.T. et al. The state of reproduction of passing fish (Russian sturgeon *Acipenser Gueldentadti* sturgeon, sevryuga sturgeon *Acipenser Stellatus*, syrt rybets, shemai *Chalcalburnus Chalcoides Mentos*) in the conditions of the Azov basin // Proceedings of the AzNIIRH (results of fisheries research in the Azov-Black Sea basin). - 2017. - Pp. 216-225.
6. Емьль М.Х. Рыбы Краснодарского края и республики Адыгея. Краснодар: Кубан. гос. ун-т, 1997. – 157 с.
6. Emyl M.Kh. Fish of the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea. Krasnodar: Kuban State University, 1997. - 157 Pp.
7. Жердев Н.А. Многолетняя динамика состояния запаса тарани по результатам моделирования CMSY с ограниченными данными (1999-2019) в Азовском море (воды России) / Н.А. Жердев, М.М. Пятинский, И.Д. Козоброд // Рыбное хозяйство. – 2020. – №. 6. – С. 88-94. DOI 10.37663/0131-6184-2020-6-88-94
7. Zherdev N.A. Long-term dynamics of the state of the taran stock based on the results of CMSY modeling with limited data (1999-2019) in the Sea of Azov (waters of Russia). / N.A. Zherdev, M.M. Pyatinsky, I.D. Kozobrod // Fisheries – 2020. – №. 6. – Pp. 88-94. DOI 10.37663/0131-6184-2020-6-88-94
8. Живоглядов А.А. Состояние донской популяции рыбеца *Vimba vimba* в современный период / А.А. Живоглядов, Е.С. Власенко // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – №. 4. – с. 416-423.
8. Zhivoglyadov A.A. The state of the fish population of the Don fish vimba in the modern period / A.A. Zhivoglyadov, E.S. Vlasenko // Fishing issues. - 2018. - Vol. 19. - no. 4. - Pp. 416-423.
9. Жукова С.В. Государственный мониторинг среды обитания водных биологических ресурсов азовского моря / С.В. Жукова, В.Г. Дубинина // Водные ресурсы России: современное состояние и управление. – 2018. – с. 275–284.
9. Zhukova S.V. State monitoring of the habitat of aquatic biological resources of the Sea of Azov / S.V. Zhukova, V.G. Dubinina // Water Resources of Russia: co-temporary state and management. - 2018. - p. 275-284/
10. Жукова С.В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства нижнего дона // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. – Том 3. – № 1. – с. 7–19.
10. Zhukova S.V. Provision of water resources of the Lower Don fisheries // Aquatic bioresources and habitat. - 2020. - Vol. 3. - No. 1. - p. 7-19.
11. Залуми С.Г. Влияние зарегулированного стока реки на урожайность молоди некоторых промысловых рыб. // Вопросы ихтиологии. 1967. – т. 7. – с. 277-287.
11. Zalumi S.G. Influence of regulated river flow on the yield of juveniles of certain commercial fish. // Questions of Ichthyology. 1967. - vol. 7. - pp. 277-287.
12. Иванченко И.Н. Динамика запаса и уловов донской популяции рыбеца *Vimba vimba* (L.) // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. – 2012. – с. 115-121.
12. Ivanchenko I.N. Dinamika zapava i ulovov donskey populyatsii rybtsa syrta (L.) // Osnovnye problemy rybnogo khozyaistva i okhrana rybkhozstvennykh vodoemov Azov-Black Sea basin. - 2012. - Pp. 115-121.
13. Карпенко Г.И. и др. Ретроспективный анализ исследовательских работ по воспроизводству рыбеца и шемаи (1930-2015 гг.). – 2017. – 284 с.
13. Karpenko G.I. et al. Retrospective analysis of research works on the production of rybets and shemai (1930-2015). - 2017. - 284 p.
14. Куропаткин А.П. и др. Изменение солёности Азовского моря // Вопросы рыболовства. – 2013. – Т. 14. – №. 4. – с. 666–673.
14. Kuropatkin A.P. et al. Changes in the salinity of the Sea of Azov // Questions of fishing. - 2013. - Vol. 14. - no. 4. - p. 666-673.
15. Троицкий С.К. Рыбы бассейнов нижнего Дона и Кубани. Руководство по определению видов. / С.К. Троицкий, Е.П. Цуникова – Ростов-на-Дону: Ростовское книжн. изд-во, 1988. – 112 с.
15. Troitsky S.K. Fish of the Lower Don and Kuban basins. Guide to the definition of species. /S.K. Troitsky, E.P. Tsunikova – Rostov-on-Don: Rostov knizhn. ed., 1988. - 112 p.
16. Чередников С.Ю. Лимитирующие факторы окружающей среды и биологические особенности важнейших промысловых мигрантов Азовского моря / С.Ю. Чередников, Е.С. Власенко, Н.А. Жердев, И.Д. Кузнецова // Ростов-на-Дону: Водные биоресурсы и среда обитания, 2020. – Том 3. – №1. – с. 27–41.
16. Cherednikov S.Yu. Limiting factors of the environment and biological features of the most important commercial migrants of the Sea of Azov / S.Yu. Cherednikov, E.S. Vlasenko, N.A. Zherdev, I.D. Kuznetsova. / Rostov-on-Don: Aquatic bioresources and habitat, 2020. - Volume 3. - No. 1. - Pp. 27-41.
17. Биология и промысловое значение рыбецов (*Vimba*) Европы. / Под ред. Р.С. Вольска. Вильнюс: «Минтис», 1970. – 517 с.
17. Biology and commercial significance of the European fish (rybets). / Edited by R. S. Volskis. Vilnius: "Mintis", 1970 - 517 p.
18. Рыбец (Комплексные исследования в нескольких точках ареала). / Под ред. П.А. Заянчкаускаса. Вильнюс: «Мокслас», 1976. – 240.
18. Rybets (Complex studies in several points of the area). / Edited by P. A. Zayanchkauskas. Vilnius: "Mokslas", 1976. - 240.
19. Cochrane K.L. (ed.). A fishery manager's guidebook: Management measures and their application. – Food & Agriculture Org., 2002. – №. 424. (pg. 1-20) FAO Fisheries Technical Paper, 424. 238 Pp.
20. ICES. Report of the fifth Workshop on the development of quantitative assessment methodologies based on life-history traits, exploitation characteristics and other relevant parameters for data-limited stocks (WKLIFE V). – 2015.
21. ICES. ICES reference points for stocks in categories 3 and 4. // ICES Technical Guidelines. 2018. -PP. 50. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.4128>
22. Okgerman H. et al. Biological aspects of *Rutilus rutilus* (roach) in Sapanca Lake (Turkey) // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2009. – Т. 8. – №. 3. – С. 441-446.
23. Roche M.J., Trenkel V.M. What community indicators can measure the impact of fishing? Overview and suggestions // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. - 2003. - Vol. 60. - No. 1. - pp. 86-99.
24. Froese R. (2004), Keep it simple: Three indicators for controlling overfishing. Fish and Fish products, 5: 86-91. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2004.00144.x>