

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
*ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ*

«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ» (ФГБНУ «ВНИРО»)
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)

**«МАТЕРИАЛЫ ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА В РАЙОНЕ
ДОБЫЧИ (ВЫЛОВА) ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВО
ВНУТРЕННИХ ВОДАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ЗА
ИСКЛЮЧЕНИЕМ ВНУТРЕННИХ МОРСКИХ ВОД РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, В ГРАНИЦАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА 2024 ГОД
(С ОЦЕНКОЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ)»**

Заместитель руководителя Азово-Черноморского
филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
канд. биол. наук


В.Н. Белоусов
2023 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зав. лабораторией биоресурсов
внутренних водных объектов,
канд. биол. наук



Е.М. Саенко

Руководитель группы математического
моделирования и прогноза



М.М. Пятинский

Главный специалист лаборатории
биоресурсов внутренних водных
объектов



С.В. Котов

Начальник аналитического
испытательного центра, канд. биол. наук



Ю.В. Косенко

Зав. лабораторией гидрохимии,
канд. биол. наук



А.В. Трушков

Зав. лабораторией аналитического
контроля водных экосистем



И.В. Кораблина

Зав. лабораторией гидрологии,
канд. геогр. наук



С.В. Жукова

Содержание

1	Общие сведения	4
2	Раки (<i>виды родов Astacus, Pontastacus</i>)	6
	13129 – р. Дон, включая водоемы поймы	
	2.1 Анализ доступного информационного обеспечения	6
	2.2 Обоснование выбора оценки методов запасов	7
	2.3 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла	8
	2.4 Определение биологических ориентиров	12
	2.5 Обоснование правила регулирования промысла	13
	2.6 Прогнозирование состояния запаса	15
	2.7 Обоснование рекомендуемого объема ОДУ	16
	2.8 Анализ и диагностика полученных результатов	17
3	Раки (<i>виды родов Astacus, Pontastacus</i>)	20
	12870 – бассейн р. Сал	
	3.1 Анализ доступного информационного обеспечения	20
	3.2 Обоснование выбора оценки методов запасов	21
	3.3 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла	22
	3.4 Определение биологических ориентиров	26
	3.5 Обоснование правила регулирования промысла	27
	3.6 Прогнозирование состояния запаса	29
	3.7 Обоснование рекомендуемого объема ОДУ	30
	3.8 Анализ и диагностика полученных результатов	30
4	Запасы и ОДУ водных биоресурсов во внутренних водах	33
	Ростовской области, за исключением внутренних морских вод,	
	на 2024 г.	
	Список использованных источников	34

1. Общие сведения

Наименование проектной документации, включая предварительные материалы ОВОС: Материалы общего допустимого улова в районе добычи (вылова) водных биологических ресурсов во внутренних водах Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации, в границах Ростовской области на 2024 год (с оценкой воздействия на окружающую среду).

Содержание проектной документации: анализ доступного информационного обеспечения, обоснование выбора оценки методов запасов, ретроспективный анализ состояния запаса и промысла, определение биологических ориентиров, обоснование правила регулирования промысла, прогнозирование состояния запаса, анализ и диагностика полученных результатов, обоснование ОДУ раков во внутренних водах Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации, в границах Ростовской области, оценка воздействия на окружающую среду, включая альтернативные варианты.

Цель и место намечаемой деятельности – регулирование добычи (вылова) ВБР в соответствии с обоснованиями ОДУ во внутренних водах Российской Федерации (Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов») (Азово-Черноморских рыбохозяйственный бассейн) с учетом экологических аспектов воздействия на окружающую среду (Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн, во внутренних водах Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации, в границах Ростовской области).

Заказчик – Федеральное агентство по рыболовству:

ОГРН 1087746846274, ИНН 7702679523; 107996, г. Москва, Рождественский бульвар, д. 12; тел.: 8 (495) 6287700, факс: 8 (495) 9870554, 8 (495) 6281904, e-mail: harbour@fishcom.ru.

Представитель заказчика – Азово-Черноморское территориальное управление Росрыболовства:

ОГРН 1096164000019, ИНН 6164287579; 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, д. 21 в, тел.: +7(863)2001197, e-mail: uprav-ter@yandex.ru. Контактное лицо: Кизилова Анджела Васильевна, тел. +7 (863) 280-05-34, e-mail: oorr@rostov-fishcom.ru.

Исполнитель – ФГБНУ «ВНИРО», 105187, г. Москва, проезд Окружной, д. 19, тел.: +7(499) 264-93-87; ФГБНУ «ВНИРО» (Азово-Черноморский филиал), 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, д. 21 в, тел. +7 (863)2624850.

ОГРН 1157746053431, ИНН 7708245723; 344002, Контактное лицо: Белоусов Владимир Николаевич, тел. +7(863)2624850, e-mail: azniirkh@vniro.ru.

Орган, ответственный за организацию общественных обсуждений –
Муниципальное образование – Администрация муниципального
образования Семикаракорского района: 346630, Ростовская область, г.
Семикаракорск, пр. Арабского, 18, тел. +7(86356) 4-18-45, e-mail: ushsr@mail.ru.
Контактное лицо: Чеброва Юлия Игоревна, тел. +7(86356) 4-17-57, e-mail:
ushsr@mail.ru.

Форма общественного обсуждения – опрос.

2. Раки (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*)

Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн. Рыбопромысловый район:

13129 – р. Дон, включая водоемы поймы

Исполнители: Е.М. Саенко, М.М. Пятинский, С.В. Котов (Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»))

Куратор: О.А. Мазникова (ФГБНУ «ВНИРО»)

2.1 Анализ доступного информационного обеспечения

В качестве доступного информационного обеспечения имеются материалы, собранные в ходе проведения учетных съемок в р. Дон включая водоемы поймы в 2007–2022 гг., данные официальной промысловой статистики о вылове раков в 2007–2022 гг., о разрешенном количестве раколовок 2012–2022 гг. и объемах ННН-промысла в 2021–2022 гг., предоставленные Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства (АЧТУ).

В 2022 г. исследования состояния, распределения, численности и биомассы популяций раков в промысловых водоемах Ростовской области (р. Дон, включая водоемы поймы) проводили в течение октября-ноября 2022 г. Собраны материалы по условиям обитания, биологии речного рака, пространственному распределению, половой и размерно-массовой структуре популяций, встречаемости заболеваний, наличию заморных явлений в водоемах. Проведен мониторинг промысла.

Исследования проводились на 5 станциях в р. Дон и пойменных водоемах. Карта-схема расположения учетных станций в р. Дон, включая водоемы поймы представлена на рисунке 1.

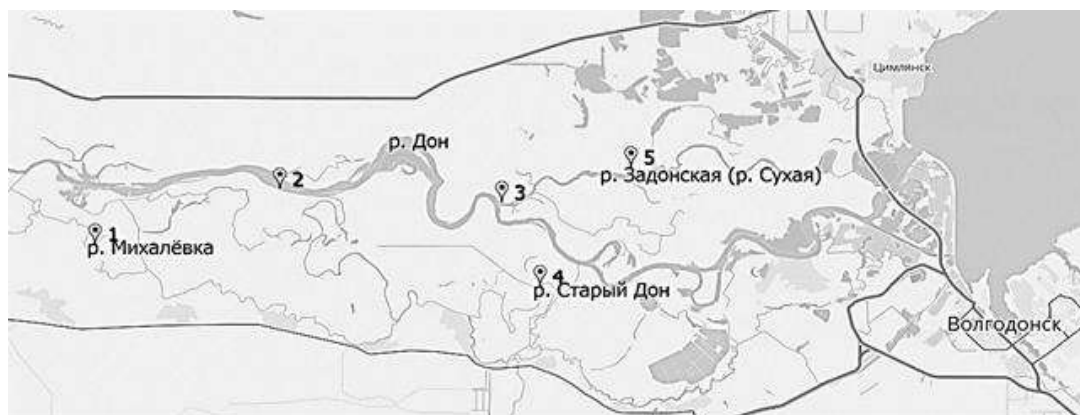


Рисунок 1 – Карта-схема расположения станций астакологических съемок в р. Дон, включая водоемы поймы в 2017–2022 гг.

В качестве учетных орудий лова использовались раколовки с размером (шагом) ячеи 16 мм. Обработаны материалы из уловов 125 раколовок в р. Дон,

включая водоемы поймы. Проведен биологический анализ 78 разновозрастных особей раков в р. Дон и водоемах поймы.

Информационное обеспечение прогноза соответствует II уровню [Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104].

2.2 Обоснование выбора методов оценки запаса

В водоемах Ростовской области раки обитают повсеместно и представлены видом рода *Pontastacus* – *P. cubanicus*, в отношении которого осуществляется промышленный лов. Учитывая имеющееся информационное обеспечение, для прогнозирования состояния запаса раков с двухгодичной заблаговременностью невозможно использовать когортные модели I информационного уровня. Это обусловлено отсутствием у раков тканей, позволяющих идентифицировать их возраст, темп роста и темпы популяционных процессов естественной смертности с приемлемой для корректного использования данного метода оценки запаса и ОДУ.

Наличие промысловой статистики о величинах общего годового вылова и количества разрешенных орудий лова за период 2012–2022 гг. позволяет отнести информационное обеспечение прогноза ко II-информационному уровню. Имеющийся ряд данных за 10 лет с учетом методических рекомендаций для материалов, обосновывающих ОДУ [Бабаян, Бобырев, Булгакова и др., 2018] может быть обработан при помощи продукционных моделей.

Тем не менее, имеющаяся высокая доля неопределенности в данных рыбохозяйственной статистики и отсутствие непрерывных оценок объемов ННН-добычи требует априорной параметризации модели, с учетом выполненных ранее оценок запаса прямым учетом, а также включения в модель алгоритма корректировки объемов вылова в сторону увеличения для частичной компенсации влияния ННН-промысла.

На этапе предварительной диагностики различных методов продукционного моделирования реализации Combi [Бабаян, Бобырев, Булгакова и др., 2018] и SPiCT [Pedersan, Berg, 2017] показали неудовлетворительную параметризацию моделей в виду невозможности обнаружения оптимумов параметров r , K , q . Низкая надежность оценивания параметров и их частичное смещение за интервалы оптимумов обуславливалось низкой репрезентативностью входных данных.

В связи с вышеизложенным, для оценки промыслового запаса и общего допустимого улова раков в р. Дон, включая водоемы поймы, использовался программный комплекс JABBA [Mourato et.al., 2018; Winker et.al., 2018; Sant'Ana et.al., 2020]. В отличие от большинства других программных пакетов, программный комплекс JABBA позволяет выполнять априорную параметризацию модели и производить расширенную диагностику полученных результатов. Комплекс JABBA позволяет реализовать продукционные модели Шефера, Фокса и Пелла-Томлинсона и оценить параметры r (коэффициент

мгновенного популяционного роста), K (параметр максимальной емкости среды), q (связующий параметр уравнения) продукционного уравнения.

2.3 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Популяции раков в водоемах, как правило, включают 9–13 размерных групп. Облавливаемая часть популяции, традиционными для Ростовской области орудиями лова (раколовки), как правило, представлена в основном из 6 групп [Глушко, Глотова, 2015]. Промысловую часть популяции составляют раки длиной более 10 см. Среди них во всех промысловых водоемах доминируют особи длиной 10,1–12,0 см (условно принятые как I промысловая группа). Особей размером 12,1–14,0 см относят к II промысловой группе. Крупные раки (более 14 см) в популяциях в последние годы в уловах малочисленны. Группа пополнения (9,1–10,0 см) пополняют промысловые запасы в следующем за годом исследований году, а раки размером 7,1–9,0 см – в последующие 2 года.

Размерная структура скоплений раков, зарегистрированная в учетных орудиях лова, рисунок 2, свидетельствует о наличии двух различных периодов состояния скоплений раков. В период 2017–2020 гг. модальный класс уловов был представлен первой промысловой группой с интервалом длин 10,1–11,0 и 11,1–12 см. Средняя длина в данный период изменялась незначительно и составляла от 11,1 до 11,8 см. В последующий период, 2021–2022 гг., основу структуры скоплений составляли особи непромысловых размеров, в интервалах длин менее 10 см. Средняя длина облавливаемых скоплений в данный период составляла 9,6–9,9 см.

Такие изменения качественных характеристик параметров популяции могут свидетельствовать о протекании 2-х различных процессов: высокоурожайного пополнения промыслового стада в 2021–2022 гг или последовательного коллапса структуры популяции в сторону мелко-размерных особей. Сделать однозначное заключение о истинной природе данного процесса в рамках анализа качественных характеристик скоплений раков – невозможно. Тем не менее, отмеченный высокий уровень объемов ННН-промысла и отсутствие значимых улучшений в состоянии среды обитания раков в период 2021–2022 гг. свидетельствует в пользу неблагоприятного сценария элиминации крупноразмерной части скоплений раков.

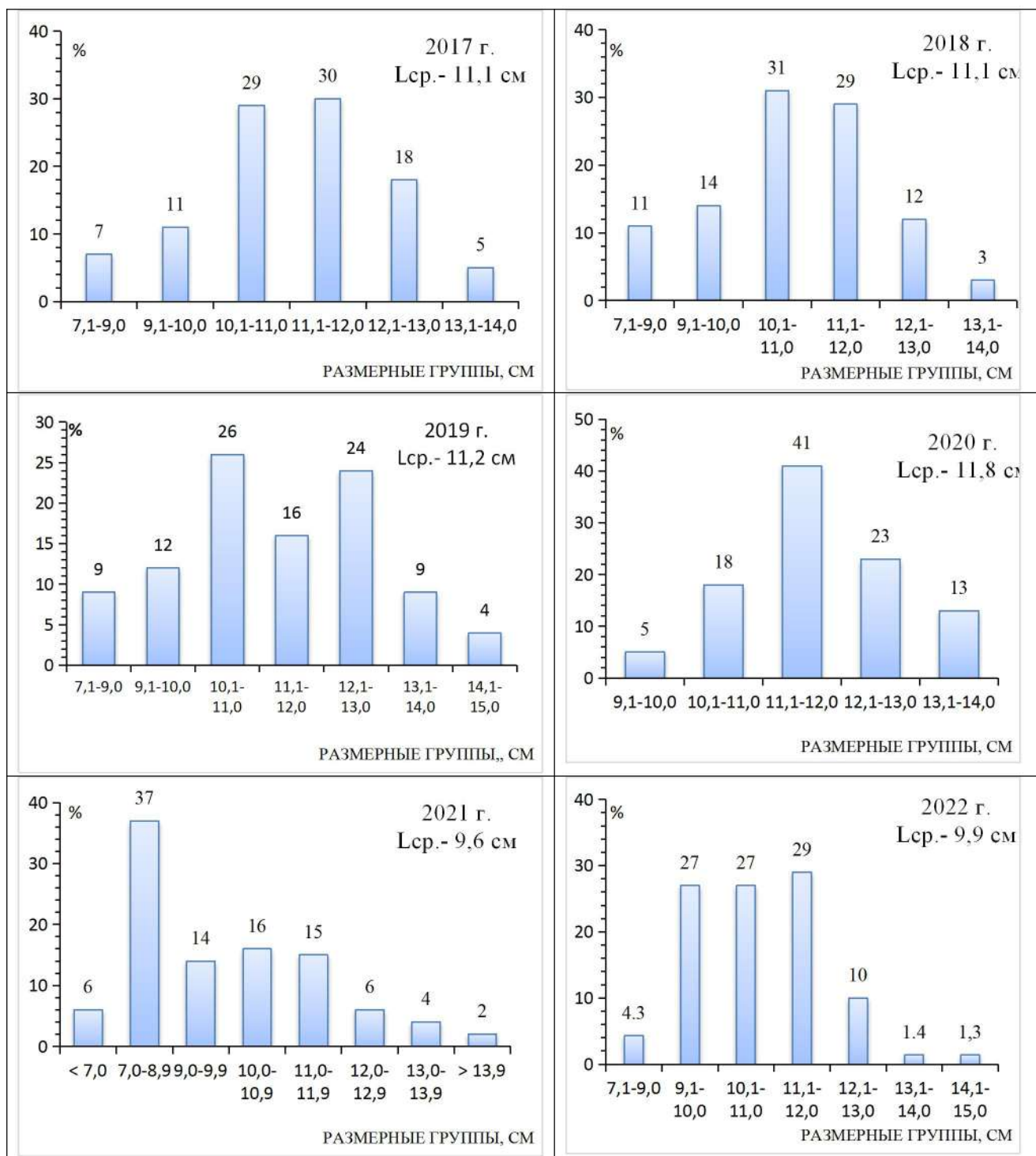


Рисунок 2 – Размерная структура скоплений раков в р. Дон, включая водоемы поймы, в 2017-2022 гг.

Многолетние данные объемов ОДУ, фактического вылова и % освоения ОДУ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Промысловый запас, ОДУ, фактический вылов и доля освоения ОДУ раков в р. Дон, включая водоемы поймы в период 2007–2022 гг.

Год	Промысловый запас, т	ОДУ, т	Вылов, т	% освоения
2007	4,3	1,0	1,0	100,0
2008	4,4	1,0	0,7	70,0
2009	5,6	1,4	1,3	92,9
2010	7,0	2,1	1,5	71,4
2011	4,8	1,4	1,1	78,6
2012	5,5	1,6	1,4	87,5
2013	9,5	2,5	2,5	100
2014	10,5	3,6	3,6	100
2015	11,0	2,8	2,8	100
2016	12,0	3,0	2,6	86,7
2017*	13,8	3,5	0,0	0,0
2018*	14,3	3,6	0,0	0,0
2019	14,8	3,6	2,7	75,0
2020	15,6	3,9	0,4	10,3
2021	8,8	3,1	2,5	82,6
2022	4,3	2,82	2,7	95,7

* – в 2017–2018 гг. промысел не производился по административным причинам

По данным официальной рыбопромысловой статистики АЧТУ, таблица 1, добыча раков в период 2007–2022 гг., варьировала в пределах 0,4–3,6 т. Освоение объемов ОДУ было на уровне 10,3–100 %. В 2017–2018 гг. официальный промысел не осуществлялся по ряду организационных причин. В 2021 г. был зарегистрирован вылов 2,5 т, что выше показателей 2020 г. более чем, в 6 раз и на уровне фактического вылова предыдущих лет. Освоение составило 82,6 % ОДУ. В 2022 г. показатели промысла, как и в 2021 г. так же были высокими, общий годовой вылов составил 2,7 т. (95 % от ОДУ).

По данным АЧТУ, полученным при выполнении сотрудниками рыбоохраны правоохранительных мероприятий в р. Дон и водоемах поймы в 2021 г. было изъято 604 браконьерских орудий лова (раколовки и ловушки) и 803 экз. раков. Общий объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,04 т. В 2022 г. было изъято 12 браконьерских орудий лова (раколовки и ловушки) и 212 экз. раков. Общий объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,0077 т, что на 81 % меньше, чем в 2021 г. Рыбопромысловая статистика, используемая в качестве входных данных для моделирования на JABBA представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Многолетняя статистика вылова раков в р. Дон, включая водоемы поймы в период 2012–2022 гг.

Год	CPUE – улов на 1 раколовку, кг.	Улов C , т
2012	1,875	1,4
2013	2,221	2,5
2014	2,222	3,6
2015	2,222	2,8
2016	2,002	2,6
2017*	1,755	2,5
2018*	1,543	2,3
2019	1,359	2,2
2020	0,247	4,1
2021	1,836	2,5
2022	2,127	2,7

Примечание *- Данные за 2017–2018 гг. о вылове рака отсутствуют, и они были аппроксимированы при помощи геометрического среднего со скользящим шагом в 2 года.

На основе ретроспективных данных об улове (C) и улове на одну раколовку (CPUE) была построена модель JABBA с применением расширенной априорной параметризации. В соответствии с таблицей 4 [Musick, 1999] и информацией о биологических параметрах раков и близкородственных видов широкопалого (*Astacus astacus*) и длиннопалого (*A. leptodactylus*) рака, диапазон поиска оптимума параметра мгновенного популяционного роста определен на уровне $r = [0,16; 0,5]$. Диапазон поиска оптимума параметра емкости среды задан на уровне $K = [22, 30]$ т, соответствующий уровню оценок биомассы запаса площадным методом в 2015–2019 гг. увеличенным на 1,5 и 2 [Глушко, 2019].

В качестве априорной точки состояния запаса в модели было определено состояние биомассы запаса, близкое к рациональному в 2015 г. ($B/B_{MSY} = 1$, $sd = 0,2$ в 2015 г.) исходя из результатов работы, указывающей на постепенное сокращение запаса в последующие годы [Глушко, 2019] и стабильный уровень запаса и годового вылова в 2015 г.

Для косвенного учета вклада ННН-промысла в состояние популяции была применена априорная параметризация возможности уточнения (корректировки) статистики вылова моделью исходя из оптимальных теоретических соображений ее подгонки. Был задан параметр $catch.cv = 0,7$, что позволяло корректировать модели величину годового вылова в сторону увеличения на уровень до 2 т (до 90 % от уровня среднемноголетнего вылова).

В ходе процедуры выбора наилучшей реализации продукционной модели в комплексе JABBA были проверены модели Шефера, Фокса и Пелла-Томлинсона. Наилучшая статистическая диагностика была достигнута при реализации модели Фокса: DIC: -50,1, SDNR = 0,92.

Результаты оценок биомассы запаса раков, промысловой смертности их 95 % доверительных интервалов (CI95) даны в таблице 3. Результаты оценки

параметров продукционного уравнения и их 95 % доверительные интервалы представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты ретроспективных оценок биомассы запаса и промысловой смертности раков в р. Дон, включая водоемы поймы, при помощи модели Фокса в комплексе JABBA в период 2012–2022 гг. (ретроспективная модель).

Год	<i>B</i> (биомасса запаса, т)	<i>B.CI95</i> (доверительный интервал <i>B</i> , т)	<i>F</i> (промысловая смертность)	<i>F.CI95</i> (доверительный интервал оценок промысловой смертности)
2012	19,6	12,6 - 30,8	0,07	0,05 - 0,11
2013	18,7	12,7 - 26,9	0,13	0,09 - 0,2
2014	16,1	11,1 - 22,9	0,23	0,16 - 0,33
2015	12,4	8,7 - 17,5	0,23	0,16 - 0,33
2016	11,2	7,0 - 16,5	0,23	0,16 - 0,37
2017	10,2	6,0 - 15,7	0,24	0,16 - 0,41
2018	9,1	4,7 - 14,8	0,26	0,16 - 0,5
2019	7,9	3,7 - 14,5	0,28	0,15 - 0,59
2020	6,1	2,8 - 13,2	0,07	0,03 - 0,15
2021	8,5	4,4 - 16,2	0,29	0,15 - 0,56
2022	8,0	3,3 - 15,8	0,34	0,17 - 0,81

Таблица 4 – Результаты оценки параметров продукционного уравнения Фокса в комплексе JABBA

Параметр	Значение	Доверительный интервал, $p = 0,95$
<i>K</i>	26,0	22,5 – 30,2
<i>r</i>	0,33	0,23 - 0,51
<i>psi</i>	0,76	0,51 - 1,17
<i>sigma</i>	0,05	0,03 - 0,10

2.4 Определение биологических ориентиров

Для определения биологических ориентиров использовались результаты моделирования продукционной кривой и концепция MSY. Были рассчитаны следующие биологические ориентиры:

- MSY - уровень максимально устойчивого вылова,
- B_{MSY} , - биомасса, соответствующая максимальному устойчивому вылову,
- F_{MSY} (H_{MSY})- уровень промысловой смертности, соответствующий максимально устойчивому вылову на продукционной кривой устойчивого вылова и границы их 95 % доверительные интервалы (таблица 5).

Таблица 5 – Биологические ориентиры концепции MSY для раков в р. Дон, включая водоемы поймы, на основе оценок модели BSM

Параметр	Оценка	Доверительный интервал, $p = 0,95$
MSY, т	3,17	2,18 - 4,78
B_{MSY} , т	9,56	8,27 - 11,13
F_{MSY}	0,33	0,22 - 0,50

В соответствии с выполненными оценками ориентиров концепции MSY, максимально продуктивное состояние популяции может быть достигнуто при биомассе промыслового запаса $B_{tr} = B_{MSY} = 9,56$ т. В таком случае максимально устойчивый вылов должен составить $MSY = 3,17$ т ($MSY = B_{MSY} * F_{MSY} = 9,56 * 0,33 = 3,17$). В соответствии с концепцией MSY, граничный ориентир $B_{lim} = 4,78$ т ($B_{lim} = 0,5 * B_{tr} = 9,56 * 0,5 = 4,78$).

2.5 Обоснование правила регулирования промысла

На основании полученных оценок биомассы запаса и биологических ориентиров были построены графики, позволяющие наглядно интерпретировать полученные результаты и выбрать оптимальное правило регулирования промысла (ППП) с учетом концепции MSY (рисунок 3).

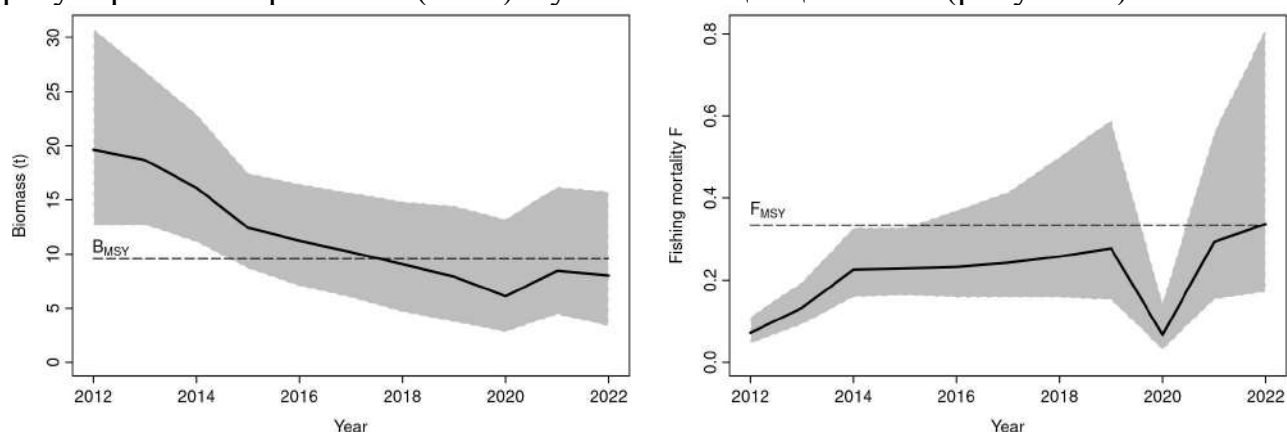


Рисунок 3 – Биомасса запаса (B) и целевой ориентир B_{MSY} , промысловая смертность (F) и целевой ориентир F_{MSY} для раков в 2012–2022 гг.

В соответствии с полученными результатами на рисунке 3, в период 2012 – 2020 гг. отмечается постепенное сокращение биомассы запаса раков, с 2018 г – ниже уровня целевого ориентира по биомассе запаса ($B_{2018-2020}/B_{MSY} < 1$). В этот же период, 2012 – 2018 гг., отмечался постепенный рост уровня промысловой смертности, которая не имела признаков переэксплуатации ($F_{2012-2018}/F_{MSY} < 1$). Полученные результаты моделирования свидетельствуют о сокращении биомассы запаса в этот период не по причинам ведения легального промысла, что хорошо согласуется с ранее опубликованными работами [Глушко, 2019].

В период 2017–2018 гг. в результате административных ограничений ведения промысла статистические данные отсутствовали, тем не менее, промысел – осуществлялся. Формальный запрет ведения промысла в эти годы положительно не сказался на состоянии запаса. Постепенная стабилизация состояния биомассы запаса отмечена в 2021–2022 гг., которая была обусловлена в том числе резким сокращением объемов добычи раков в 2020 г. по административным причинам сокращения промыслового периода до 3 месяцев.

В настоящее время, в 2022 г., биомасса запаса находится на уровне незначительно ниже целевого ($B_{2022}/B_{MSY} = 0,84$, $B_{2022}/B_{lim} = 1,67$), а промысловая смертность вышла на целевой уровень максимально устойчивого вылова ($F_{2022}/F_{MSY} = 1,01$). На основании полученных результатов текущее состояние популяции можно резюмировать как:

- состояние промысла: на рациональном уровне без признаков переэксплуатации, тенденция на увеличение;
- состояние запаса: в буферной зоне между целевым и граничным ориентиром, стабилизация запаса в 2021–2022 гг.

Для аргументации применения выбранных правил регулирования промысла следует отметить негативное воздействие ННН-промысла на популяцию раков в р. Дон. Как уже рассматривалось ранее, в период 2017–2018 гг., официально, промысел раков – не осуществлялся. Однако это не привело к увеличению промыслового запаса в 2019–2021 гг., что косвенно свидетельствует о наличии ННН-промысла, который лишь в 2020 г. превышал объем легального (разрешенного) промысла не менее чем в 1,5 раза. Несмотря на малый зафиксированный размер ННН-промысла в 2021 г. и 2022 г., данные также свидетельствуют, что в период закрытия официального промысла незаконный промысел продолжает существенно влиять на биомассу запаса раков.

Учитывая высокий уровень ННН-промысла в последние годы, при прогнозировании ОДУ не следует прибегать к сценариям интенсификации промысловой нагрузки на популяцию, учитывая то, что текущий уровень промысловой смертности в 2022 г. итак вышел на целевые показатели ($F_{2022}/F_{MSY} = 1,01$).

Комбинированные результаты на схеме 4-зонального состояния биомассы запаса и промысла представлены на рисунке 4. 4-х зональная схема

состояния запаса и промысла наглядно демонстрирует ранее рассмотренное изменение системы «запас-промысел»: постепенное смещение из состояния «недоэксплуатация» и «запас выше целевого уровня» в буферное состояние запаса (между целевым и граничным ориентирами) и эксплуатацию на целевом уровне.

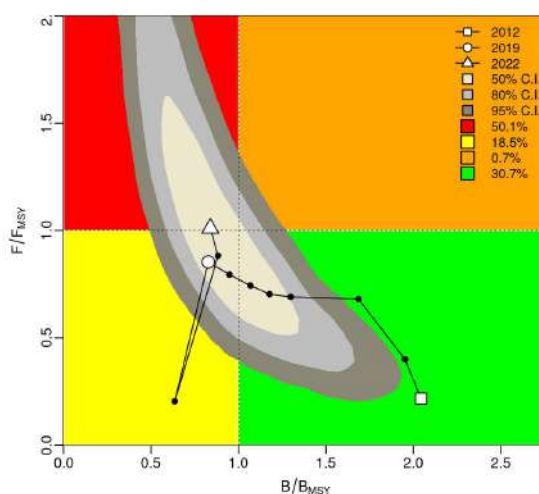


Рисунок 4 – Траектории оценок состояния запасов и промысла раков р. Дон, включая водоемы поймы (4-х зональное ПРП)

2.6 Прогнозирование состояния запаса

В соответствии с текущим состоянием запаса и промысла, рассмотренном в разделе «определение правил регулирования промысла», методическими рекомендациями к имплементации концепции MSY [Бабаян, Бобырев, Булгакова и др., 2018] был выполнен краткосрочный прогноз на 2024–2025 гг. с рассмотрением следующих сценариев:

- сценарий MSY: сценарий максимально устойчивого вылова на уровне $C_{t+1} = B_t * F_{MSY}$;

- сценарий SQ (статус-кво): сценарий изъятия на уровне среднетрехлетней промысловой смертности, $C_{t+1} = B_t * AVG(F_{2020-2022})$;

- гипотетически вероятные сценарии эксплуатации на уровне выше и ниже на 15 % от целевого уровня, $MSY + 15\%$ и $MSY - 15\%$ соответственно, ($C_{t+1} = B_t * F_{MSY} * 0,85$; $C_{t+1} = B_t * F_{MSY} * 1,15$);

- сценарий предосторожного подхода (PREC): сценарий изъятия на щадящем уровне в условиях неблагоприятного состояния запаса ниже целевого ориентира (Бабаян и др., 2000), при котором промысловая смертность составит $F_{prec} = (B_t - B_{lim}) / (B_{MSY} - B_{lim}) * F_{MSY}$, $C_{t+1} = F_{prec} * B_t$.

Так как сценарии «статус-кво» и «предосторожного подхода» задают практически одинаковый уровень управляющего параметра промысловой смертности ($F_{prec} = 0,22$, $F_{sq} = 0,23$) они были объединены в один сценарий – SQ. Текстовые результаты моделирования краткосрочных прогнозных сценариев представлены в таблице 6, графические - на рисунке 5.

Таблица 6 – Сценарии краткосрочного прогноза ОДУ и запаса раков в р. Дон, включая водоемы поймы при различных параметрах управления промыслом на 2023–2025 гг.

Год	Сценарий SQ (F = 0,23)		Сценарий MSY (F = 0,33)		Сценарий +15 % MSY (F = 0,38)		Сценарий -15 % MSY (F = 0,28)	
	запас, т	ОДУ, т	запас, т	ОДУ, т	запас, т	ОДУ, т	запас, т	ОДУ, т
2023	6,3	1,5	6,3	2,1	6,3	2,4	6,3	1,8
2024	7,8	1,8	7,2	2,4	6,8	2,6	7,5	2,1
2025	9,1	2,1	7,8	2,6	7,2	2,8	8,4	2,4

* Сценарий, отмеченный зеленым фоном выбран как основной для реализации ПРП, концепции MSY и предосторожного подхода.

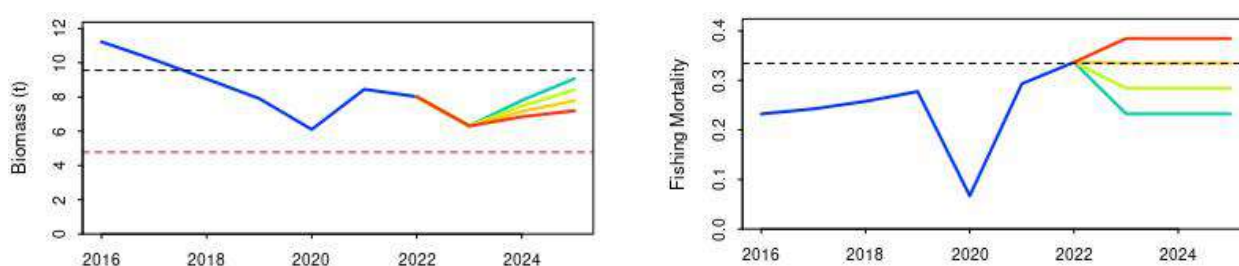


Рисунок 5 – Прогнозные сценарии состояния биомассы запаса (слева) и промысловой смертности (справа) относительно целевых ориентира (и граничного ориентира V_{lim} – красная пунктирная линия). Синяя кривая - ретроспективные оценки, бирюзовый цвет - сценарий SQ (статус кво), желтый цвет - сценарий MSY, салатовый цвет кривой - MSY -15 %, красный цвет кривой - сценарий MSY +15 %.

Полученные результаты краткосрочного прогноза, рисунок 5, указывают на возможность реализации любого из них в период 2024–2025 гг. Каждый из рассматриваемых сценариев управления будет приводить к постепенному увеличению биомассы запаса в период 2024–2025 гг. и не будет приводить к ее снижению ниже уровня граничного ориентира. При этом, промысловая смертность при всех сценариях, что обусловлено выбором этих сценариев, не будет значительно превышать целевой уровень (за исключением сценария MSY +15 %).

Тем не менее, учитывая требования концепции предосторожного подхода и состояние популяций раков, наличие ННН-промысла, негативно влияющего на популяцию раков, наиболее рациональным является применение сценария SQ (он же сценарий предосторожного подхода). При реализации такого сценария биомасса запаса в 2024 г. составит 7,8 т.

Таким образом, при реализации сценария управления промысла на уровне SQ (статус кво), биомасса запаса раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в р. Дон в 2024 г. составит 7,8 т.

2.7 Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Рассмотренные краткосрочные сценарии управления запасом свидетельствуют о возможности установления ОДУ в 2024 г. на уровне от 1,8 т до 2,6 т. С учетом ранее рассмотренных обстоятельств, для управления запасом выбран сценарий изъятия на уровне предосторожного подхода к управлению промысловой смертностью, соответствующий уровню средней за трехлетний период промысловой смертности, при котором ОДУ в 2024 г. составит 1,8 т.

Таким образом, ОДУ раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) для р. Дон, включая водоемы поймы на 2024 г. ОДУ составит 1,8 т.

2.8 Анализ и диагностика полученных результатов

В генеральном представлении при моделировании достигнуто схождение по всем рассматриваем параметрам продукционной модели, что позволяет рассматривать текущие результаты как приемлемые. Выполнен тест сходимости Geweke, который позволил получить следующие оценки вероятностей достоверности нулевой гипотезы (H_0 - схождение модели, альтернативная гипотеза - схождение не достигнуто): $p\text{-value}(K) = 0,97$, $p\text{-value}(r) = 0,87$, $p\text{-value}(q) = 0,07$ (условием отклонения нулевой гипотезы является $p\text{-value} < 0,05$). Наименьшей надежностью обладали оценки параметра q продукционного уравнения, по причине того, что данный параметр используется в качестве «весов» для согласования r/K пары.

Диагностика репрезентативности выполненных оценок, рисунок 3, таблица 3, свидетельствует о умеренно широких доверительных интервалах вероятностных оценок биомассы запаса и промысловой смертности в ретроспективном периоде моделирования. Истинные показатели биомассы запаса, в среднем, могут отклоняться от медианных оценок на 42 %, а для промысловой смертности - на 39 %. Максимальное отклонение доверительных интервалов от медианных оценок для биомассы запаса отмечено в 2022 г. и может составить до 58 %, для оценок промысловой смертности максимальное отклонение отмечено в 2020 г. и может привносить неточность в результаты до 53 %.

Диагностика стабильности оценок модели и ее прогностической силы выполнена при помощи ретроспективного теста и параметрического теста Мона, рисунок 6 [Mohn, 1999]. Результаты ретроспективного теста указывают на удовлетворительную надежность оценок и прогностическую силу величин биомассы запаса (значительно не отклоняется от рекомендованного интервала p $[-0,22; +0,3]$) и на наличие отклонений в величинах оценок промысловой смертности (выходят за рамки рекомендованного интервала p $[-0,22; +0,3]$). Отклонения за рамки рекомендованного интервала могут свидетельствовать о некоторой переоценке величины промысловой смертности в прогнозный

период, что в свою очередь может привести к незначительному занижению объемов ОДУ.

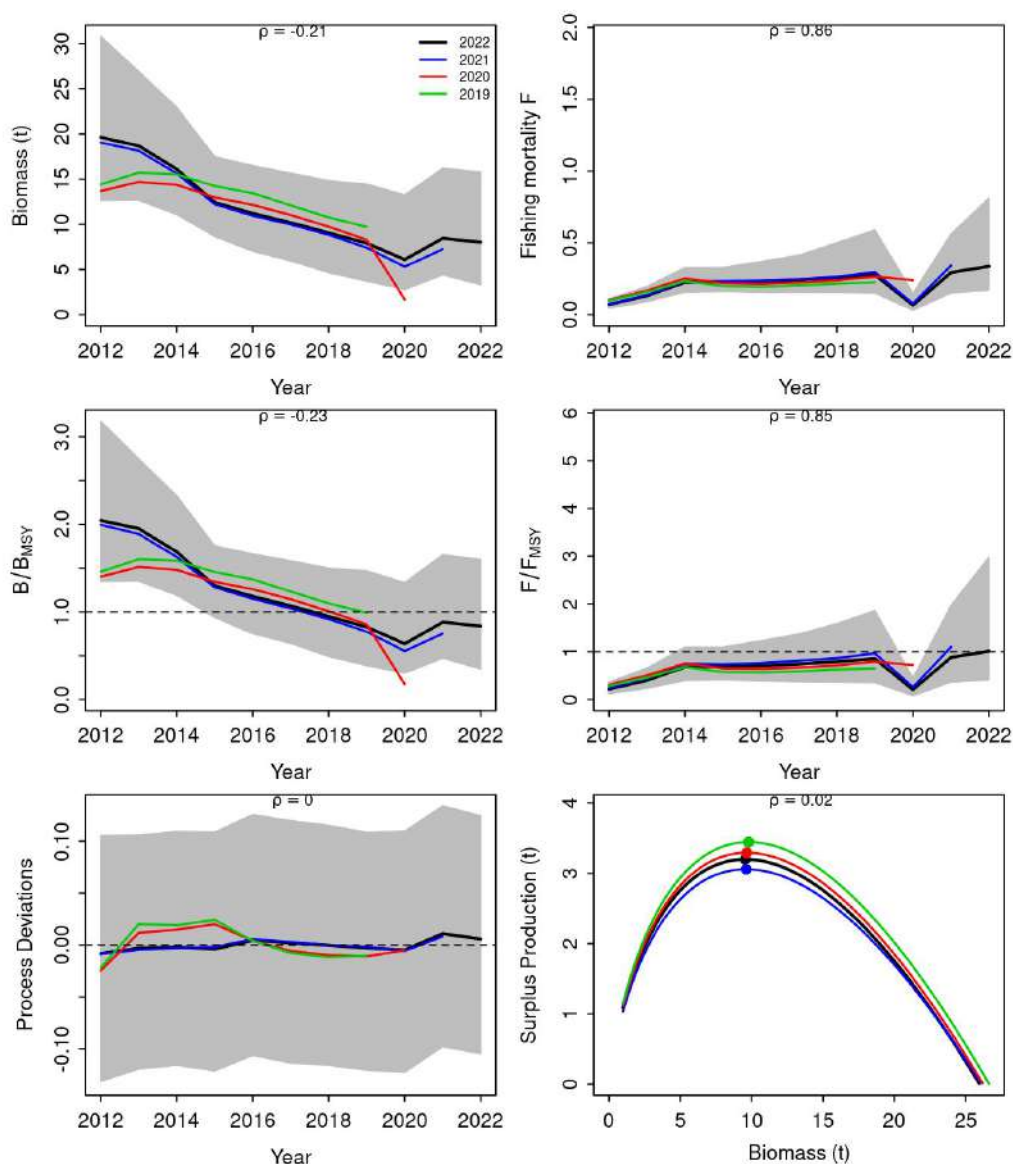


Рисунок 6 - Ретроспективный тест надежности модели с горизонтом 3 года. Слева - биомасса запаса, справа - промысловая смертность. Нижние 2 рисунка - ошибки процесса и построения производственной кривой.

Диагностика невязок индекса улова-на-усилие от теоретических ожиданий модели представлена на рисунке 7. Диагностика невязок демонстрирует удовлетворительную надежность входного ряда данных в период 2012–2022 гг. Начиная с 2020 г. отмечаются отклонения в величинах индекса улова-на-усилие от теоретических ожиданий моделирования. Рассматриваемый ряд невязок не имеет выраженного накопительного годового эффекта, стандарт распределения невязок не имеет значимых отклонений от нормального закона распределения случайных величин.

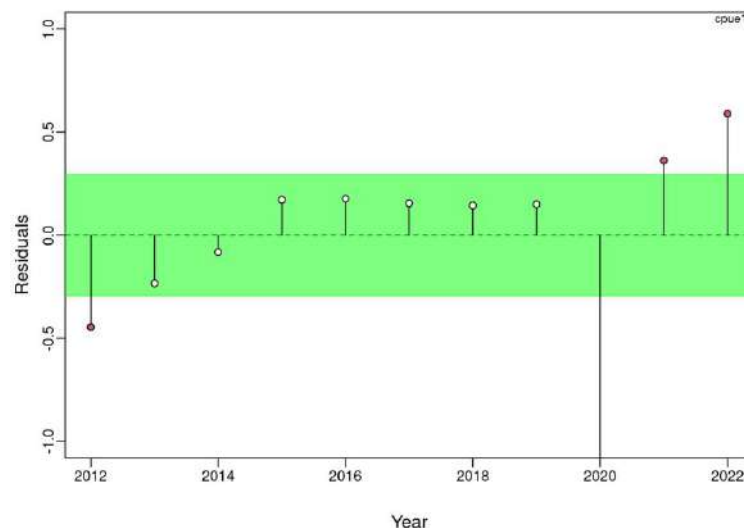


Рисунок 7 – Диагностика невязок индекса CPUE относительно теоретических оптимальных величин продукционного моделирования. Область, отмеченная зеленым цветом - статистически не значимые отклонения. Точки, отмеченные красным цветом - статистически значимые отклонения, привносящие неопределенность в результаты моделирования.

Сравнение диагностики полученных результатов свидетельствует об улучшении надежности и точности прогноза относительно предшествующих реализаций прогноза. Результаты выполненных диагностических тестов не свидетельствуют о наличии доказательств ненадежности результатов моделирования и прогноза. Диагностика результатов соответствует требованиям методических рекомендаций ВНИРО [Бабаян, Бобырев., Булгакова и др., 2018] и рекомендациям международного Совета по исследованию моря (ICES) [Carvalho F., Winker H., Courtney D., Kapur M., 2021].

3. Раки (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*)

Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн. Рыбопромысловый район:

12870 – бассейн р. Сал

Исполнители: Е.М. Саенко, М.М. Пятинский, С.В. Котов (Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»))

Куратор: О.А. Мазникова (ФГБНУ «ВНИРО»)

3.1 Анализ доступного информационного обеспечения. В прогнозе использованы материалы, собранные в ходе проведения учетных съемок в бассейне р. Сал в 2012–2022 гг., данные официальной промысловой статистики о вылове раков в 2012–2022 гг., о разрешенном количестве раколовок 2012–2022 гг. и объемах ННН-промысла в 2022 г., предоставленные Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства (АЧТУ).

В 2022 г. исследования состояния, распределения, численности и биомассы популяций раков в промысловых водоемах Ростовской области (бассейне р. Сал) проводили в течение июля-ноября 2022 г. Собраны материалы по условиям обитания, биологии речного рака, пространственному распределению, половой и размерно-массовой структуре популяций, встречаемости заболеваний, наличию заморных явлений в водоемах. Проведен мониторинг промысла. Исследования проводились на 11 станциях в бассейне р. Сал. Карта-схема района работ представлена на рисунке 8.

В качестве учетных орудий лова использовались раколовки с размером (шагом) ячеи 16 мм и сак донской конструкции (типа бимтрала). Обработаны материалы из уловов 254 раколовок и 21 траления сакон. Проведен биологический анализ 1483 разновозрастных особей раков.

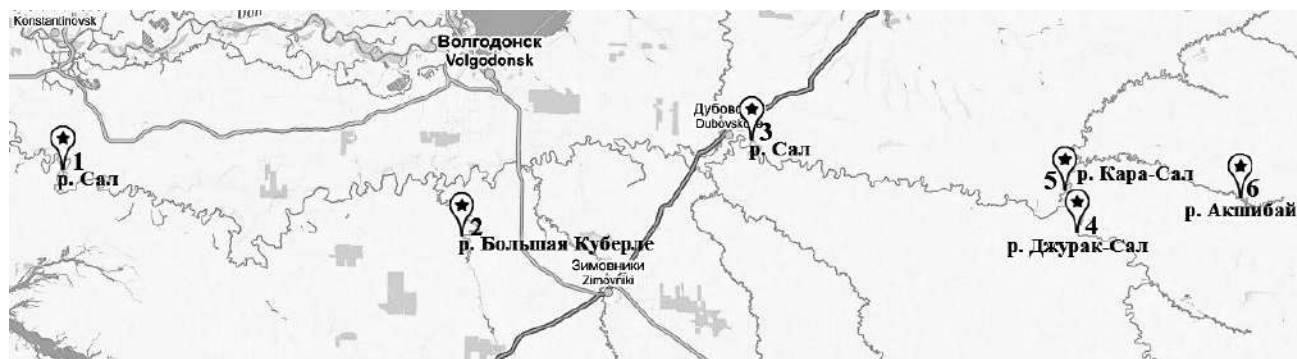


Рисунок 8 – Карта-схема расположения станций астакологических съемок в бассейне р. Сал в 2012–2022 гг.

Информационное обеспечение прогноза соответствует II уровню [Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104].

3.2 Обоснование выбора методов оценки запаса

В водоемах Ростовской области раки обитают повсеместно и представлены видом рода *Pontastacus* – *P. subanicus*, в отношении которого осуществляется промышленное рыболовство.

До 2020 г. промысловый запас раков в водных объектах Ростовской обл. определялся площадным методом по данным учетных астакологических съемок с применением раколовков [Рекомендации по оценке возможности использования..., 2002], т.е. тех же орудий лова, которые используются в промысле. Площадной метод относится к эмпирическим методам, применяемым при самом низком III уровне информационной обеспеченности. Главное его достоинство – получение независимых от промысла оценок запаса.

Исходя из наличия доступной информации (исторические ряды вылова и количества раколовков в 2012–2022 гг.), запас раков в бассейн р. Сал с притоками формально имеет II уровень информационной обеспеченности, предполагающий использование ограниченного аналитического оценивания посредством продукционных моделей. В 2023 г. при подготовке материалов к определению ОДУ на 2024 г. в качестве основного метода с учетом опыта составления прогноза в 2022 г. были применены динамические продукционные модели, реализованные в программном комплексе JABBA [Winker et.al., 2018].

В пользу выбора продукционных моделей свидетельствует наличие соответствующей исходной информации и положительного опыта работы специалистов «АзНИИРХ» с вышеуказанным программным обеспечением, в том числе для обоснования ОДУ раков. Низкое качество входных данных по вылову и промысловым усилиям в бассейне р. Сал, наличие численных данных по ННН-промыслу только за 2021 и 2022 гг., а также короткие ряды создавали определенные трудности в реализации продукционных моделей, но они не стали непреодолимым препятствием для их применения для обоснования ОДУ раков на 2024 г.

В 2017–2018 гг. вылов раков в бассейне р. Сал не осуществлялся ввиду отсутствия промысловых участков. Особенностью комплекса JABBA является недопустимость пропусков во входных рядах данных по вылову и уловам на единицу усилия. Учитывая то, что пропуски данных в 2017–2018 гг. не были связаны с изменениями в состоянии исследуемого запаса раков, они были искусственно заполнены их экспертными оценками на основе интерполяции фактических данных в 2015–2016 г. и 2019–2020 гг. с сохранением наблюдаемой тенденции в 2016–2019 гг.

Наличие рыбохозяйственной статистики о величинах общего годового вылова и количества разрешенных орудий лова за период 2012–2022 г. позволяет отнести информационное обеспечение прогноза ко II-информационному уровню. Имеющийся ряд данных за 10 лет с учетом методических рекомендаций для материалов, обосновывающих ОДУ [Бабаян, Бобырев, Булгакова и др., 2018] может быть обработан при помощи продукционных моделей.

Тем не менее, имеющаяся высокая доля неопределенности в данных рыбохозяйственной статистики и отсутствие непрерывных оценок объемов ННН-добычи требует априорной параметризации модели, с учетом выполненных ранее оценок запаса прямым учетом, а также включения в модель алгоритма корректировки объемов вылова в сторону увеличения для частичной компенсации влияния ННН-промысла.

На этапе предварительной диагностики различных методов продукционного моделирования реализации Combi [Бабаян, Бобырев, Булгакова и др., 2018] и SPiCT [Pedersan, Berg, 2017] показали неудовлетворительную параметризацию моделей в виду невозможности обнаружения оптимумов параметров r , K , q . Низкая надежность оценивания параметров и их частичное смещение за интервалы оптимумов обуславливалось низкой репрезентативностью входных данных.

В связи с вышеизложенным, для оценки промыслового запаса и общего допустимого улова раков в р. Сал использовался программный комплекс JABBA [Mourato et.al., 2018; Winker et.al., 2018; Sant'Ana et.al., 2020]. В отличие от большинства других программных пакетов, программный комплекс JABBA позволяет выполнять априорную параметризацию модели и производить расширенную диагностику полученных результатов. Комплекс JABBA позволяет реализовать продукционные модели Шефера, Фокса и Пелла-Томлинсона и оценить параметры r (коэффициент мгновенного популяционного роста), K (параметр максимальной емкости среды), q (связующий параметр уравнения) продукционного уравнения.

3.3 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Бассейн р. Сал с притоками (Джурак-Сал, Куберле, Кара-Сал, Акшибай) является традиционным районом промысла раков.

Размерная структура скоплений раков, зарегистрированная в учетных орудиях лова, рисунок 9, свидетельствует о наличии двух различных периодов состояния скоплений раков. В период 2017–2019 гг. модальный класс уловов был представлен первой промысловой группой с интервалом длин 10,1–11,0 и 11,1–12 см. Средняя длина в данный период изменялась незначительно и составляла от 10,9 до 11,3 см. В последующий период, 2020–2022 гг., основу структуры скоплений составляли особи непромысловых размеров, в интервалах длин менее 10 см. Средняя длина облавливаемых скоплений в данный период составляла 9,2–9,8 см.

Такие изменения качественных характеристик параметров популяции могут свидетельствовать о протекании 2-х различных процессов: высоко урожайного пополнения промыслового стада в 2020–2022 гг или последовательного коллапса структуры популяции в сторону мелкоразмерных особей. Сделать однозначное заключение о истинной природе данного процесса в рамках анализа качественных характеристик скоплений раков – невозможно.

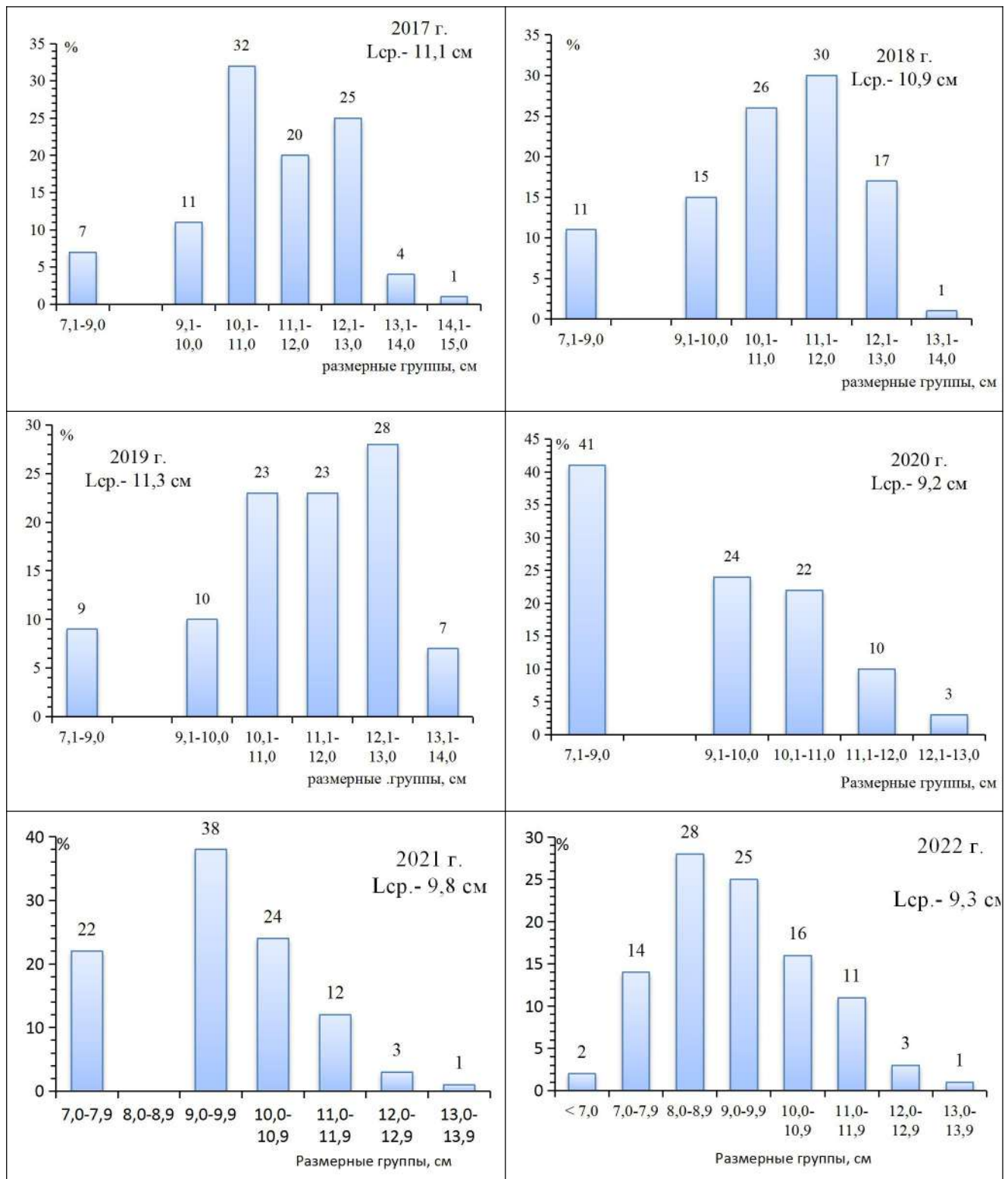


Рисунок 9 – Размерная структура скоплений раков в бассейне р. Сал в 2017–2022 гг.

По данным стандартных учетных астакологических съемок в водоемах бассейна в последние 10 лет происходило последовательное уменьшение величины запаса с 71,8 т (2012 г.) до 27,5 т (2022 г.) При сокращении промышленного запаса в исследуемый период более чем 2 раза величина ОДУ

снизилась с 16,6 т (2012 г.) до 12,4 т в 2022 г. Освоение ОДУ было на уровне 7,8 – 83,0 % (таблица 7).

Таблица 7 – Промысловый запас, ОДУ, вылов и процент освоения ОДУ раков в бассейне р. Сал в период 2012 – 2022 гг.

Год	Промысловый запас, т	ОДУ, т	Вылов, т	% освоения	Примечание
2012	71,8	16,6	1,3	7,8	
2013	68,1	16,1	7,6	47,2	
2014	62,7	15,4	2,5	16,2	
2015	57,8	14,3	8,3	58,0	
2016	55,8	13,1	8,1	62,0	
2017	52,7	12,8	-	-	промысел не производили
2018	50,4	11,9	-	-	промысел не производили
2019	46,5	11,1	1,6	14,4	
2020	44,9	11,2	7,9	70,5	
2021	22,5	7,3	4,7	64,4	
2022	27,5	12,4	10,3	83,0	

На акватории бассейна р. Сал промысловым объектом являются только раки. Для промысла разрешено использовать раколовки стандартной конструкции, установленной для всех промысловых водоемов Ростовской области. Помимо промышленного лова раков осуществляется любительское рыболовство, которое не учитывается рыбопромысловой статистикой. Имеет место и ННН-промысел.

По данным официальной промысловой статистики АЧТУ, добыча раков в период 2012–2016 гг. в бассейне р. Сал варьировала на уровне 1,3–8,3 т. Освоение объемов ОДУ в разные годы составляло от 7,8 % до 62,0 %. В 2017–2018 гг. промысел не осуществлялся по ряду организационных причин. В 2019 г. вылов раков составил 1,6 т (освоение 14,5 %), в 2020 г. – 7,9 т, а освоено было 70,6 % объемов ОДУ, в 2021 г. – 64,4 %, в 2022 г. – 10,3 т, что составляет 83 % от объемов ОДУ.

В период 2012–2016 гг. наблюдалось сокращение биомассы промыслового запаса раков в р. Сал и рост объемов вылова. В последующие годы (2019–2021)

Следует заметить, что процент освоения квоты ОДУ за рассматриваемый период ни разу не превышал 83 %. Такая промысловая статистика косвенно свидетельствует о том, что влияние официальных объемов добычи на запас не

является главенствующим фактором и косвенно указывает на наличие высоких объемов ННН-промысла.

По данным, полученным при выполнении сотрудниками рыбоохраны АЧТУ правоохранительных мероприятий, в бассейне р. Сал в 2021 г. было изъято 1313 браконьерских орудий лова (раколовки и ловушки), что составило более 68,0 % от разрешенного количества раколовки Правилами рыболовства [Приказ Минсельхоза России от 09.01.2020 № 1 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна»]. Общий объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,13 т. В 2022 г. было изъято 515 неучтенных орудий лова (раколовки и ловушки), объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,13 т.

На основе ретроспективных данных об улове (C) и улове на одну раколовку ($CPUE$) была построена модель JABBA с применением расширенной априорной параметризации. В соответствии с таблицей 9 [Musick, 1999] и информацией о биологических параметрах раков и близкородственных видов широкопалого (*Astacus astacus*) и длиннопалого (*A. leptodactylus*) рака, диапазон поиска оптимума параметра мгновенного популяционного роста определен на уровне $r = [0,16; 0,5]$. Диапазон поиска оптимума параметра емкости среды задан на уровне $K = [84, 100]$ т на уровне ранее выполненных максимальных оценок биомассы запаса площадным методом в 2015–2019 гг. увеличенным на 1,5 и 1,8 верхней и нижней границы поиска соответственно [Глушко, 2019].

В качестве априорной точки состояния запаса в модели была определено состояние биомассы запаса, близкое к рациональному в 2015 г. ($B/B_{MSY} = 1,1$, $sd = 0,2$ в 2015 г.) исходя из результатов работы, указывающей на постепенное сокращение запаса в последующие годы [Глушко, 2019] и стабильный уровень запаса и годового вылова в 2015 г.

Для косвенного учета вклада ННН-добычи в состояние популяции была применена априорная параметризация возможности уточнения (корректировки) статистики вылова моделью исходя из оптимальных теоретических соображений ее подгонки. Был задан параметр $catch.cv = 1,3$, что позволяло корректировать модели величину годового вылова в сторону увеличения на уровень до 3,6 т (до 50 % от уровня среднегодовалого вылова).

В ходе процедуры выбора наилучшей реализации продукционной модели в комплексе JABBA были проверены модели Шефера, Фокса и Пелла-Томлинсона. Наилучшая статистическая диагностика была достигнута при реализации модели Фокса: $DIC: -51,3$, $SDNR = 1,1$.

Результаты оценок биомассы запаса раков, промысловой смертности их 95 % доверительных интервалов (CI_{95}) представлены (таблица 8). Результаты оценки параметров продукционного уравнения и их 95 % доверительные интервалы представлены в таблице 9.

Таблица 8 – Результаты ретроспективных оценок биомассы запаса и промысловой смертности раков в бассейне р. Сал при помощи модели Фокса в комплексе JABBA в период 2012 – 2022 гг. (ретроспективная модель).

Год	B (биомасса запаса, т)	$B.CI95$ (доверительный интервал B , т)	F (промысловая выва)	$F.CI95$ (доверительный интервал оценок)
2012	59,9	37,3 - 97,8	0,02	0,01 - 0,03
2013	63,3	39,8 - 93,1	0,12	0,08 - 0,19
2014	42,8	23,8 - 70,2	0,06	0,03 - 0,10
2015	46,1	31,7 - 65,7	0,18	0,13 - 0,26
2016	44,2	28,0 - 64,5	0,18	0,13 - 0,29
2017	41,0	23,0 - 61,9	0,22	0,14 - 0,39
2018	35,5	16,3 - 58,6	0,10	0,06 - 0,23
2019	38,0	18,0 - 63,2	0,04	0,02 - 0,08
2020	46,1	24,3 - 72,3	0,17	0,11 - 0,33
2021	43,1	18,7 - 68,9	0,11	0,07 - 0,25
2022	44,6	16,8 - 70,3	0,23	0,15 - 0,61

Таблица 9 – Результаты оценки параметров продукционного уравнения Фокса в комплексе JABBA

Параметр	Значение	Доверительный интервал, $p = 0,95$
K	92,3	84,7 - 100,4
r	0,36	0,23 - 0,56
ψ	0,66	0,41 - 1,05
σ	0,05	0,034 - 0,098

3.4 Определение биологических ориентиров

Для определения биологических ориентиров использовались результаты моделирования продукционной кривой и концепция MSY. Были рассчитаны следующие биологические ориентиры:

- MSY - уровень максимально устойчивого вылова,
- B_{MSY} - биомасса, соответствующая максимальному устойчивому вылову,
- F_{MSY} (H_{MSY}) - уровень промысловой смертности, соответствующий максимальному устойчивому вылову на продукционной кривой устойчивого вылова

и границы их 95 % доверительные интервалы (таблица 10).

Таблица 10 – Биологические ориентиры концепции MSY для раков в бассейне р. Сал, на основе оценок модели BSM

Параметр	Оценка	Доверительный интервал, $p = 0,95$
MSY, т	12,3	7,8 - 18,9
B_{MSY} , т	34,0	31,2 - 37,0

F_{MSY}	0,36	0,23 - 0,56
-----------	------	-------------

В соответствии с выполненными оценками ориентиров концепции MSY, максимально продуктивное состояние популяции может быть достигнуто при биомассе промыслового запаса $B_{tr} = B_{MSY} = 34,0$ т. В таком случае максимально устойчивый вылов должен составить $MSY = 12,3$ т ($MSY = B_{MSY} * F_{MSY} = 34,0 * 0,36 = 12,3$). В соответствии с концепцией MSY, граничный ориентир $B_{lim} = 17,0$ т ($B_{lim} = 0,5 * B_{tr} = 34,0 * 0,5 = 17,0$).

3.5 Обоснование правила регулирования промысла

На основании полученных оценок биомассы запаса и биологических ориентиров были построены графики, позволяющие наглядно интерпретировать полученные результаты и выбрать оптимальное правило регулирования промысла (ППП) с учетом концепции MSY (рисунок 10).

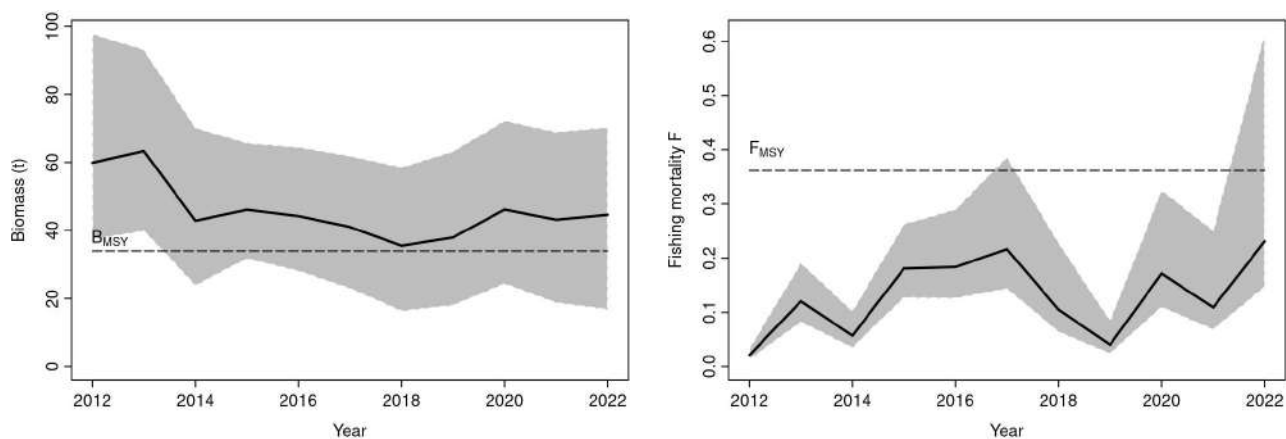


Рисунок 10 – Биомасса запаса (B) и целевой ориентир B_{MSY} , промысловая смертность и целевой ориентир F_{MSY} для раков в 2012–2022 гг.

В соответствии с полученными результатами на рисунке 10, в период 2012 – 2018 гг. отмечается постепенное сокращение биомассы запаса раков, тем не менее запас находился выше или на целевом уровне ($B_{2018-2020}/B_{MSY} > 1$). В этот же период отмечен постепенный рост уровня промысловой смертности, который не превышал уровня целевого ориентира эксплуатации ($F_{2012-2018}/F_{MSY} < 1$). Полученные результаты моделирования свидетельствуют о незначительном сокращении биомассы запаса в этот период не по причинам ведения официального промысла, что хорошо согласуется с ранее опубликованными работами [Глушко, 2019].

В период 2017–2018 гг. в результате административных ограничений ведения промысла статистические данные отсутствовали, тем не менее, промысел – осуществлялся. Формальный запрет ведения промысла в эти годы незначительно, однако положительно сказался на состоянии запаса. Постепенная стабилизация состояния биомассы запаса отмечена в последующие годы 2020–2022 гг. была обусловлена в том числе резким сокращением объемов добычи раков в 2019 г.

В настоящее время, в 2022 г., биомасса запаса находится на уровне выше целевого ($B_{2022}/B_{MSY} = 1,3$), а промысловая смертность все еще находится на уровне ниже уровня максимально устойчивого вылова ($F_{2022}/F_{MSY} = 0,65$). На основании полученных результатов текущее состояние популяции можно резюмировать как:

- Состояние промысла: недоэксплуатация, ниже уровня максимально устойчивого вылова, тенденция на увеличение;
- Состояние запаса: выше уровня целевого ориентира, стабилизация запаса в 2020–2022 гг.

Для аргументации применения выбранных правил регулирования промысла следует отметить негативное воздействие ННН-промысла на популяцию раков в р. Сал. Как уже рассматривалось ранее, в период 2017–2018 гг. официально, промысел раков - не осуществлялся. Однако это привело лишь к незначительному увеличению промыслового запаса в 2020–2022 гг., что косвенно свидетельствует о наличии ННН-промысла.

Учитывая высокий уровень ННН-промысла в последние годы при прогнозировании ОДУ не следует прибегать к сценариям усиленной интенсификации промысловой нагрузки на популяцию, учитывая то, что текущий уровень промысловой смертности в 2022 г. стремился к целевому ориентиру и имел тенденцию к росту последние 3 года ($F_{2022}/F_{MSY} = 0,65$).

Комбинированные результаты на схеме 4-зонального состояния биомассы запаса и промысла представлены на рисунке 11. 4-х зональная схема состояния запаса и промысла наглядно демонстрирует ранее рассмотренное изменение системы «запас-промысел»: систематическая недоэксплуатация популяции официальным промыслом и благоприятное состояние запаса относительно целевого уровня.

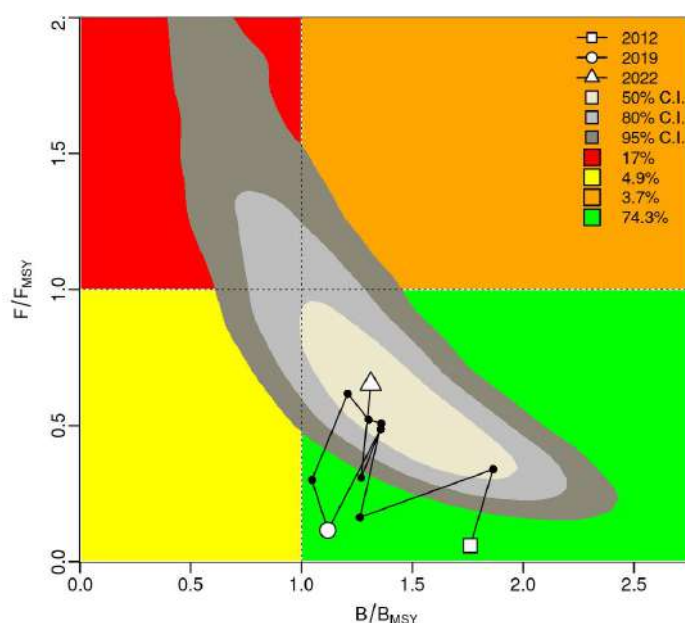


Рисунок 11 – Траектории оценок состояния запасов и промысла раков в бассейне р. Сал (4-х зональное ПРП)

3.6 Прогнозирование состояния запаса

В соответствии с текущим состоянием запаса и промысла, рассмотренном в разделе «определение правил регулирования промысла», методическими рекомендациями к имплементации концепции MSY [Бабаян В.К, Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др., 2018] был выполнен краткосрочный прогноз на 2024–2025 гг. с рассмотрением следующих сценариев:

- Сценарий MSY: сценарий максимально устойчивого вылова на уровне $C_{t+1} = B_t * F_{MSY}$;

- Сценарий SQ (статус-кво): сценарий изъятия на уровне среднетрехлетней промысловой смертности, $C_{t+1} = B_t * AVG(F_{2020-2022})$;

- Гипотетически вероятные сценарии эксплуатации на уровне выше и ниже на 15% от целевого уровня, MSY + 15% и MSY - 15% соответственно, ($C_{t+1} = B_t * F_{MSY} * 0,85$; $C_{t+1} = B_t * F_{MSY} * 1,15$).

Текстовые результаты моделирования краткосрочных прогнозных сценариев представлены в таблице 11, графические - на рисунке 12.

Таблица 11 – Сценарии краткосрочного прогноза ОДУ и запаса раков в бассейне р. Сал при различных параметрах управления промыслом на 2023–2025 гг.

Год	Сценарий SQ (F = 0,17)		Сценарий MSY (F = 0,36)		Сценарий +15% MSY (F = 0,41)		Сценарий -15% MSY (F = 0,30)	
	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т
2023	26,9	4,6	26,9	9,7	26,9	11,2	26,9	8,3
2024	33,6	5,7	28,4	10,2	26,9	11,2	29,8	9,2
2025	39,0	6,6	29,2	10,6	26,7	11,1	31,9	9,8

* Сценарий, отмеченный зеленым фоном выбран как основной для реализации ПРП и концепции MSY.

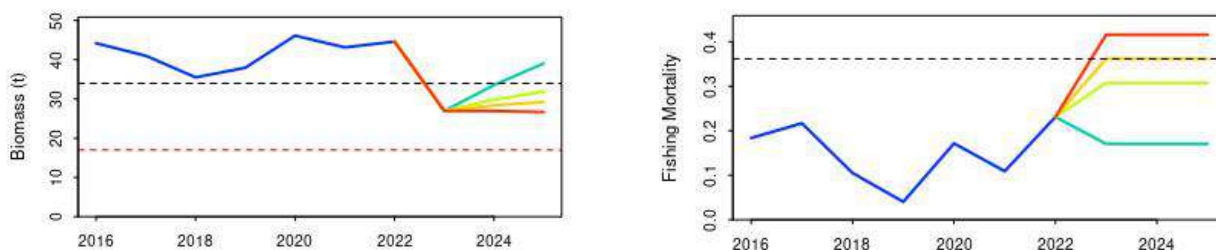


Рисунок 12 – Прогнозные сценарии состояния биомассы запаса (слева) и промысловой смертности (справа) относительно целевых ориентира (и граничного ориентира V_{lim} – красная пунктирная линия). Синяя кривая - ретроспективные оценки, бирюзовый цвет - сценарий SQ (статус кво), желтый цвет - сценарий MSY, салатовый цвет кривой - MSY -15%, красный цвет кривой - сценарий MSY +15%.

Полученные результаты краткосрочного прогноза, рисунок 12, указывают на возможность реализации любого из представленных сценариев в период 2024–2025 гг. Каждый из рассматриваемых сценариев управления будет приводить к постепенному увеличению биомассы запаса в период 2024–2025 гг. и не будет приводить к ее снижению ниже уровня граничного ориентира. При этом, промысловая смертность при всех сценариях, что обусловлено выбором этих сценариев, не будет значительно превышать целевой уровень (за исключением сценария MSY +15%).

Тем не менее, учитывая требования концепции максимально устойчивого вылова и состояние ННН-промысла, негативно влияющего на популяцию раков, наиболее рациональным является применение сценария MSY. При реализации такого сценария биомасса запаса в 2024 г. составит 28,4 т.

Таким образом, промысловый запас раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в бассейне р. Сал в 2024 г. составит 28,4 т.

3.7 Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Рассмотренные краткосрочные сценарии управления запасом свидетельствуют о возможности установления ОДУ в 2024 г на уровне от 5,7 т до 11,2 т. С учетом ранее рассмотренных обстоятельств, для управления запасом выбран сценарий максимально устойчивого вылова MSY, при котором ОДУ в 2024 г. может составить 10,2 т.

Таким образом, в 2024 г. ОДУ раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в бассейне р. Сал составит 10,2 т.

3.8 Анализ и диагностика полученных результатов

В генеральном представлении при моделировании достигнуто схождение по всем рассматриваемым параметрам продукционной модели, что позволяет рассматривать текущие результаты как приемлемые. Выполнен тест сходимости Geweke, который позволил получить следующие оценки вероятностей достоверности нулевой гипотезы (H_0 - схождение модели, альтернативная гипотеза - схождение не достигнуто): $p\text{-value}(K) = 0,32$, $p\text{-value}(r) = 0,16$, $p\text{-value}(q) = 0,38$ (условием отклонения нулевой гипотезы является $p\text{-value} < 0,05$).

Диагностика репрезентативности выполненных оценок, рисунок 10, таблица 8, свидетельствует о умеренных доверительных интервалах вероятностных оценок биомассы запаса и промысловой смертности в ретроспективном периоде моделирования. Истинные показатели биомассы запаса, в среднем, могут отклоняться от медианных оценок на 46 %, а для промысловой смертности - на 36 %. Максимальное отклонение доверительных интервалов от медианных оценок для биомассы запаса отмечено в 2022 г. и может составить до 63 %, для оценок промысловой смертности максимальное отклонение отмечено в 2019 г. и может приносить неточность в результаты до 39 %.

Диагностика стабильности оценок модели и ее прогностической силы выполнена при помощи ретроспективного теста и параметрического теста Мона, рисунок 13 [Mohn, 1999]. Результаты ретроспективного теста указывают на удовлетворительную надежность оценок и прогностическую силу как величин биомассы запаса, так и промысловой смертности (значительно не отклоняется от рекомендованного интервала p [-0,22; +0,3]).

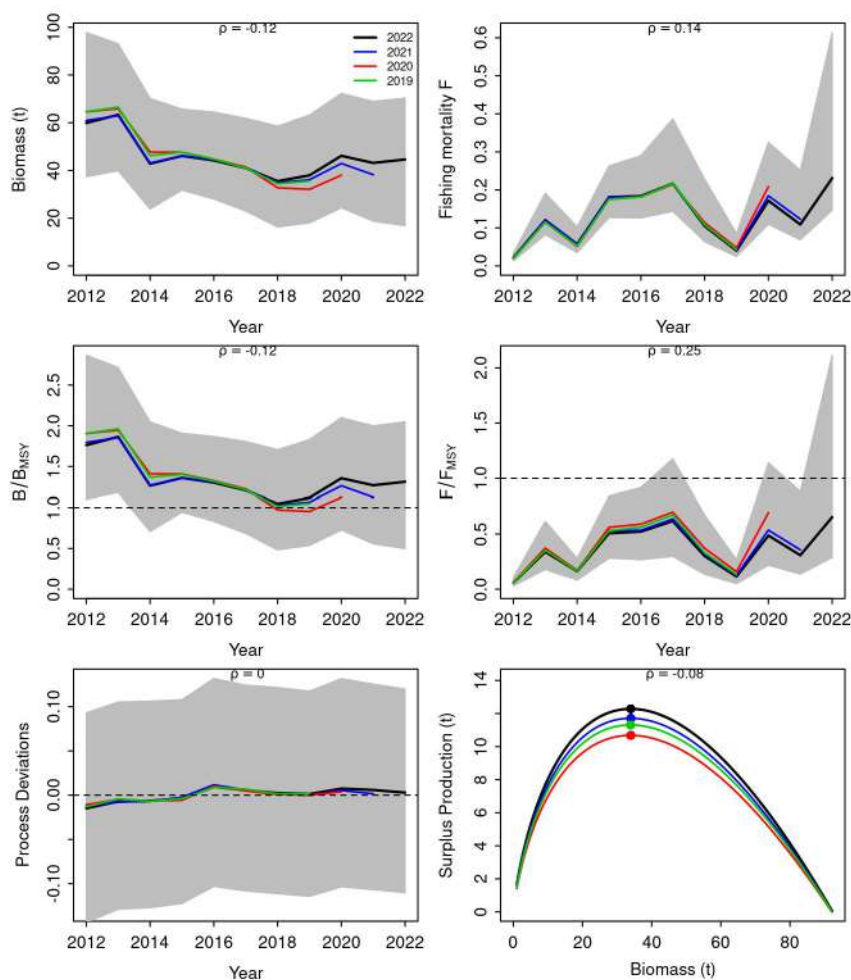


Рисунок 13 - Ретроспективный тест надежности модели с горизонтом 3 года. Слева - биомасса запаса, справа - промысловая смертность. Нижние 2 рисунка - ошибки процесса и построения продукционной кривой.

Диагностика невязок индекса улова-на-усилие от теоретических ожиданий модели представлена на рисунке 14. Диагностика невязок демонстрирует удовлетворительную надежность входного ряда данных в период за весь период тестирования. Рассматриваемый ряд невязок не имеет выраженного накопительного годового эффекта, стандарт распределения невязок не имеет значимых отклонений от нормального закона распределения случайных величин.

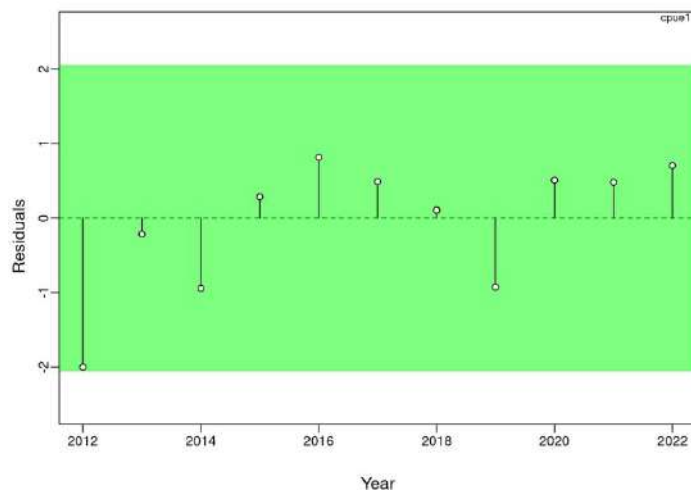


Рисунок 14 – Диагностика невязок индекса улова-на-усилие относительно теоретических оптимальных величин продукционного моделирования. Область, отмеченная зеленым цветом - статистически не значимые отклонения. Точки, отмеченные красным цветом - статистически значимые отклонения, приводящие неопределенность в результаты моделирования.

Сравнение диагностики полученных результатов свидетельствует об улучшении надежности и точности прогноза относительно предшествующих реализаций прогноза на модели BSM и Combi. Результаты выполненных диагностических тестов не свидетельствуют о наличии доказательств ненадежности результатов моделирования и прогноза. Диагностика результатов соответствует требованиям методических рекомендаций ВНИРО [Бабаян, Бобырев, Булгакова и др., 2018] и рекомендациям международного Совета по исследованию моря (ICES) [Carvalho F., Winker H., Courtney D., Kapur M., 2021].

4. Запасы и ОДУ водных биоресурсов во внутренних водах Ростовской области, за исключением внутренних морских вод, на 2024 г.

Таблица 12 – Величина запасов и ОДУ раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в р Дон, включая водоемы поймы и бассейне р. Сал на 2024 г.

Водоем	Промысловый запас, т	ОДУ, т
р. Дон, включая водные объекты поймы	7,8	1,8
Бассейн р. Сал	28,4	10,2
Всего	36,2	14,4

Список использованных источников

1. Бабаян В. К., Бобырев А.Е., Михайлов А.И., Шереметьев А.Д. Программный комплекс Combi 4.0. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. 2017. RU 2017660724
2. Глушко Е.Ю. Состояние популяций, запасов и промысла раков в водоемах Ростовской области в период 2012-2018 гг. // Водные биоресурсы и среда обитания, 2019. Т. 2. № 3. С. 68-74.
3. Глушко Е.Ю., Глотова И.А. Речные раки в водоемах Ростовской области. Биология, условия обитания, состояние популяций// Матер. Междунар. Науч. Конф. «Вопросы сохранения биоразнообразия водных объектов». Ростов н/Д: АЗНИИРХ, 2015. С. 71-75
4. Майский В.Н. К методике учета рыбных запасов в Азовском море. Рыбное хозяйство, 1939, № 3, с. 33-34.
5. Приказ Минсельхоза России от 09.01.2020 № 1 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна» (зарегистрирован 12.03. 2020 №57719).
6. Рекомендации по оценке возможности использования водоемов для промысла и разведения речных раков // ГосНИОРХ, СПб, 2002, 31 с.
7. Carvalho F., Winker H., Courtney D., Kapur M., et al. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments // Fisheries Research. 2021. Vol. 240. P. 105959.
8. Mohn R. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data // ICES Journal of Marine Science. -1999. - Vol. 56. -Issue 4. -PP. 473–488.
9. Mourato B. Winker L., Carvalho F., Ortiz M. Stock Assessment of Atlantic blue marlin (*Makaira nigricans*) using a Bayesian State-Space Surplus Production Model JABBA //Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT. – 2018. – Vol. 75. – Issue 5. – P. 1003-1025.
Link: https://www.iccat.int/Documents/CVSP/CV075_2018/n_5/CV075051003.pdf
10. Musick J. A. Criteria to define extinction risk in marine fishes: the American Fisheries Society initiative // Fisheries. – 1999. – Vol. 24. – Issue 12. – P. 6-14.
11. Pedersen M. W., Berg C. W. A stochastic surplus production model in continuous time //Fish and Fisheries. 2017. Vol. 18. Issue 2. P. 226-243.
12. Sant’Ana R. Mourato B., Kimoto A., Walter J., Winker H.. Atlantic Yellowfin tuna stock assessment: An Implementation of a Bayesian State-Space Surplus Production Model using JABBA //Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. – 2020. – Vol. 76. – Issue 6. – P. 699-724.
Link: https://www.researchgate.net/profile/Bruno-Mourato/publication/339723561_ATLANTIC_YELLOWFIN_TUNA_STOCK_ASSESSMENT_AN_IMPLEMENTATION_OF_BAYESIAN_STATE-SPACE_SURPLUS_PRODUCTION_MODEL_USING_JABBA/links/5e612515458515163551c94f/ATLANTIC-YELLOWFIN-TUNA-STOCK-

[ASSESSMENT-AN-IMPLEMENTATION-OF-BAYESIAN-STATE-SPACE-SURPLUS-PRODUCTION-MODEL-USING-JABBA.pdf](#)

13. Winker H., Carvalho F., Kapur M. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment // Fisheries research. 2018. Vol 204. P. 275-288.
14. Winker H. et al. Bayesian State-space surplus production model JABBA assessment of Atlantic Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) Stock //Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT. – 2019. – Vol. 75. – Issue 7. – P. 2129-2168.