

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»
(ФГБНУ «ВНИРО»)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель руководителя

Азово-Черноморского филиала
ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)

В.Н Белоусов

2025 г.



**«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 2026 ГОД
(С ОЦЕНКОЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ)»**

Разработаны:

ФГБНУ «ВНИРО» (Азово-Черноморский филиал)

Ростов-на-Дону, 2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	Раки (<i>виды родов Astacus, Pontastacus</i>)	3
	13129 – р. Дон, включая водоемы поймы	
	1.1 Анализ доступного информационного обеспечения	3
	1.2 Обоснование выбора оценки методов запасов	4
	1.3 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла	5
	1.4 Определение биологических ориентиров	12
	1.5 Обоснование правила регулирования промысла	12
	1.6 Прогнозирование состояния запаса	14
	1.7 Обоснование рекомендуемого объема ОДУ	15
	1.8 Анализ и диагностика полученных результатов	16
2	Раки (<i>виды родов Astacus, Pontastacus</i>)	19
	12870 – бассейн р. Сал	
	2.1 Анализ доступного информационного обеспечения	19
	2.2 Обоснование выбора оценки методов запасов	20
	2.3 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла	21
	2.4 Определение биологических ориентиров	26
	2.5 Обоснование правила регулирования промысла	27
	2.6 Прогнозирование состояния запаса	29
	2.7 Обоснование рекомендуемого объема ОДУ	30
	2.8 Анализ и диагностика полученных результатов	31
3	Оценка воздействия на окружающую среду	34
4	Запасы и ОДУ водных биоресурсов во внутренних водах	36
	Ростовской области, за исключением внутренних морских вод, на	
	2026 г.	
	Список использованных источников	37

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

Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн. Рыбопромысловый район:

13129 – р. Дон, включая водоемы поймы

*Исполнители – зав. лабораторией, к.б.н. Е.М. Саенко, зам. начальника центра, к.б.н. М.М. Пятинский, главный специалист С.В. Котов (Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»))
Куратор – с.н.с., к.б.н. С.А. Белорусцева (ФГБНУ «ВНИРО»))*

Анализ доступного информационного обеспечения

В качестве доступного информационного обеспечения имеются материалы, собранные в ходе проведения учетных съемок в р. Дон включая водоемы поймы в 2012–2024 гг., данные официальной промысловой статистики о вылове раков в 2012–2024 гг., о разрешенном количестве раколовов 2012–2024 гг. и объемах ННН-промысла в 2021–2024 гг., предоставленные Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства (АЧТУ).

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

В 2024 г. исследования состояния, распределения, численности и биомассы популяций раков в промысловых водоемах Ростовской области (р. Дон, включая водоемы поймы) проводили в течение апреля – октября 2024 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 13 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 2012–2024 гг.

В качестве орудий лова использовались раколовки с размером (шагом) ячеи 16 мм, и сак донской конструкции. Собранный и проанализированный материал в 2024 г. получен из уловов 60 раколовки и 18 тралений при помощи сака донской конструкции. Биологический анализ заключался в учете размерно-массовых и половых характеристик особей, выполнен для 858 раков.

Обоснование выбора методов оценки запаса

В водоемах Ростовской области раки обитают повсеместно и представлены видом рода *Pontastacus* – *P. cubanicus*, в отношении которого осуществляется промышленное рыболовство. Сбор материала проводили по сетке станций утвержденной Программой научно-исследовательских работ (рисунок 1).

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 2012–2024 г. позволяет отнести информационное обеспечение прогноза ко II-информационному уровню. Имеющийся ряд данных за 12 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 промысловой статистики и отсутствие непрерывных оценок объемов ННН-промысла 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.

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., 2019; 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 производственные модели Шефера, Фокса и Пелла-Томлинсона и оценить параметры r , K , q производственного уравнения с учетом априорных допущений.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Популяция раков в р. Дон, включая водоемы поймы, как правило, включают 9–13 размерных групп. Облавливаемая часть популяции, традиционными для Ростовской области орудиями лова (раколовки), в основном представлена 6 размерными группами [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 последние годы в уловах малочисленны. Раки размером менее 10 см составляют группы пополнения промысловой части популяций. Так особи длиной 9,1–10,0 см пополняют промысловые запасы через год, раки длиной 7,1–9,0 см – через 2–3 года проведения исследований.

Размерная структура скоплений раков, зарегистрированная в учетных орудиях лова (рисунок 2), свидетельствует о наличии двух различных периодов состояния скоплений раков. В период 2019–2020 гг. модальный класс уловов был представлен первой промысловой группой со средней длиной 11,2–11,8 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. В 2023 г. модальный класс уловов был представлен первой промысловой группой со средней длиной 10,6 см. В 2024 г. основу структуры скоплений составляли особи непромысловых размеров.

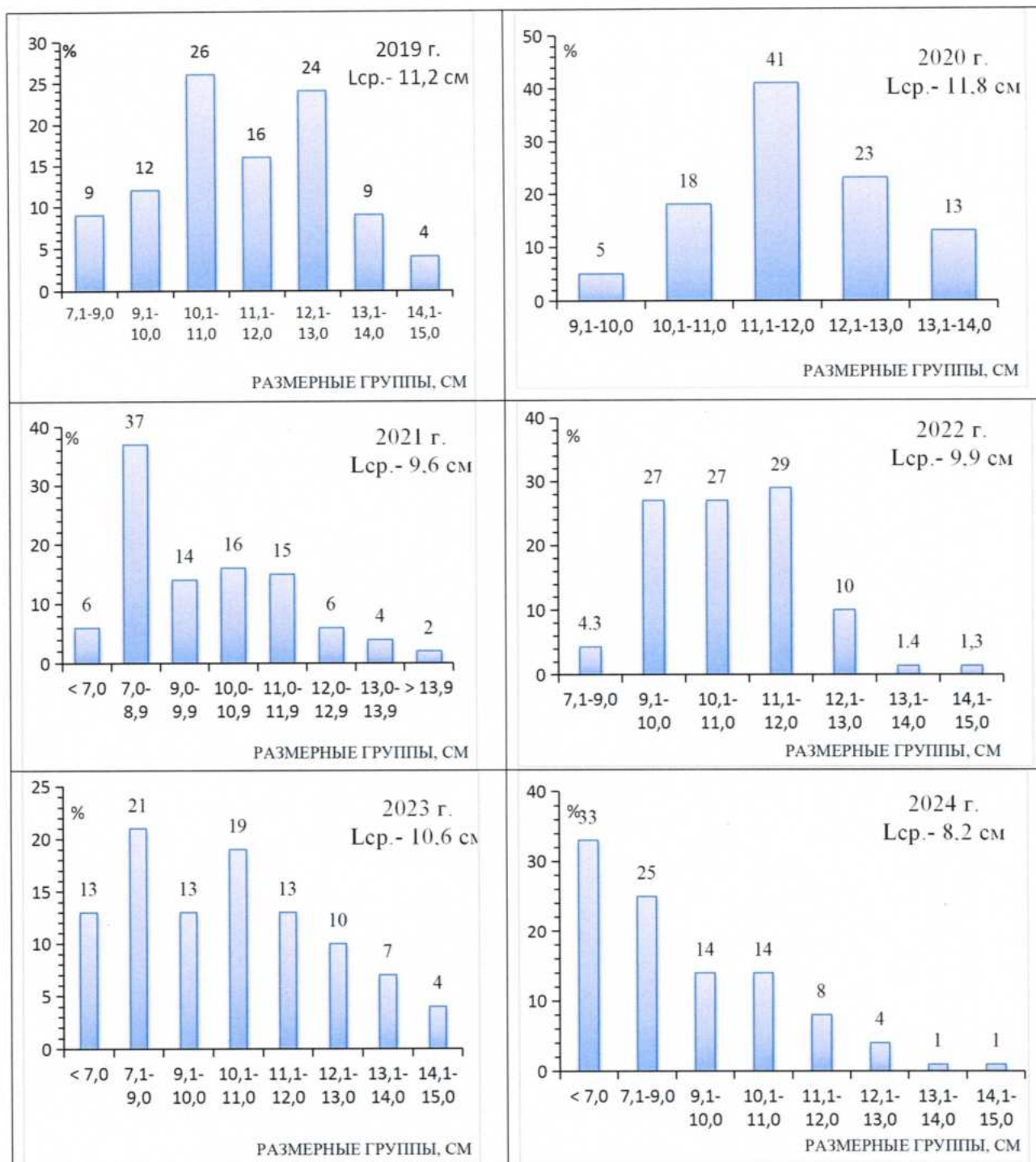


Рисунок 2 – Размерная структура популяции раков в р. Дон, включая водоемы поймы, в 2019–2024 гг.

В 2012–2020 гг. наблюдался постепенный рост промыслового запаса с 5,5 т до 15,6 т в 2020 г. В период 2021–2023 гг. отмечено уменьшение промыслового запаса до уровня 4,0 т в 2023 г. с ростом в 2024 г. до 7,2 т (таблица 11). Снижение величины промыслового запаса сопровождалось ухудшением размерных характеристик облавливаемой части популяции (рисунок 2).

Оценку запасов раков в р. Дон, включая водоемы поймы до 2021 г. выполняли посредством методов прямого учета [Глушко, 2019]. Однако, начиная с 2000-х гг. по мере сокращения доступности биологической информации отмечено ухудшение надежности выполняемых оценок состояния сырьевой базы речных раков, формирования прогнозов ее состояния и, соответственно, вылова. В период 2021–2023 гг. оценку запасов раков в водоемах р. Дон, включая водоемы поймы выполняли посредством трендовых моделей. Наиболее сопоставимые оценки с классическим методом прямого учета продемонстрировал пакет прикладных программ (далее ППП) «JABBA» и трендовая модель CMSY. Расчеты с использованием ППП «Combi 4.0» продемонстрировали существенное завышение оценок биомассы запаса на коротких рядах данных. Дальнейшая диагностика стабильности моделей по совокупности стохастических и аналитических тестов свидетельствовала в пользу более высокой надежности оценок, выполненных на ППП «JABBA». Практика применения ППП «JABBA» с априорной параметризацией для оценки запасов раков в водоемах р. Дон использована при подготовке материалов, обосновывающих прогнозы вылова раков, начиная с 2024 г. В результате выполненной апробации оценивание на основе ППП «JABBA» признано состоятельным и внедрено в практику подготовки материалов прогноза ОДУ [Пятинский, Мазникова, 2023].

Таблица 11 – Промысловый запас, ОДУ, фактический вылов и освоение ОДУ раков в р. Дон, включая водоемы поймы в период 2012–2024 гг.

Год	Промысловый запас, т	ОДУ, т	Вылов, т	% освоения
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
2023	4,0	1,87	1,6	85,6
2024	7,2	1,8	1,7	94,4

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

В соответствии с применяемыми методами оценки запаса показатели запаса в 2022–2024 гг. были значительно ниже предшествующих оценок (2012–2021 гг.). Это было обусловлено как ухудшением размерных характеристик запаса в предшествующие этому периоду годы 2021–2022 г. (рисунок 2), так и методическими особенностями применяемого подхода. При использовании трендовых моделей для прогноза запаса на 2022–2023 гг. выполнялась оценка мгновенной биомассы промыслового запаса на любой момент года. В предшествующий период (2012–2021 гг.) при оценке состояния запаса его биомасса оценивалась на начало года, до момента осуществления промысла. В соответствии с этими методическими особенностями, различия в оценках заключаются в моменте учета вступления особей группы пополнения в промысловый запас и момента осуществления промыслового изъятия.

По данным официальной промысловой статистики АЧТУ общий годовой вылов раков в период 2012–2024 гг. составлял 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 ОДУ в 2021 г. составило 82,6 %. В 2022 г. объем годового вылова, как и в 2021 г. был высоким, общий годовой вылов составил 2,7 т. (освоение ОДУ 95,7 %). В 2023 г. общий годовой вылов снизился до 1,6 т, освоение ОДУ составило 85,6 %. В 2024 г. общий годовой вылов составил 1,6 т, освоение ОДУ составило 94,4 %.

Колебания запасов раков существенно зависят от условий среды обитания. Одним из основных факторов, определяющих уровень воспроизводства раков, является объем стока р. Дон, который определяет ракопродуктивные площади. Для проверки этой гипотезы выполнено сопоставление объемов годового стока р. Дон, включая водоемы поймы (км^3) и промыслового запаса (т) в период с 2019–2025 гг. (рисунок 3). С 2019 г. в р. Дон наблюдалось сокращение годового стока, достигшее в 2020 г. наименьшего объема ($9,7 \text{ км}^3$), что очевидно негативно сказалось на воспроизводстве раков и привело к снижению величины их промыслового запаса в 2022–2023 гг. до уровня 4,0–4,3 т. По литературным данным [Черкашина, 2002] в период маловодных лет отмечается миграция раков в более водные участки, что усиливает мозаичность их распределения и влечет за собой методический недоучет, особенно младших размерных групп.

В последующие годы отмечалось увеличение водности, до $20,6 \text{ км}^3$ в 2024 г. С 2021 г. по данным учетных съемок наблюдается рост численности группы пополнения раков (численность особей длиной до 10,0 см), в первую очередь благодаря возможности их более полного учета в условиях улучшения гидрологического режима (рисунок 3). Эти размерные группы пополняют промысловый запас в последующие 2–3 года, что приведет к росту его величины в 2025–2027 гг.

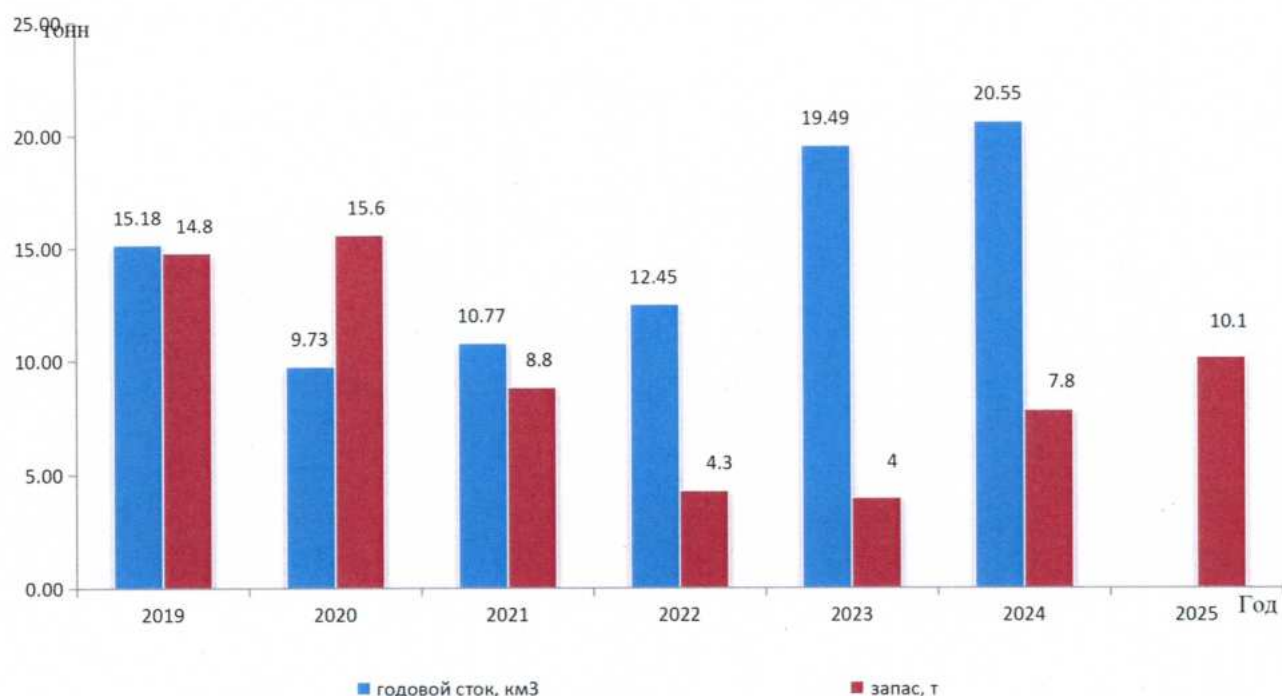


Рисунок 3 – Динамика годового стока р. Дон, включая водоемы поймы (км³) и промыслового запаса (т) в 2019–2025 гг.

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 раков составил 0,04 т. В 2022 г. было изъято 120 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. В 2023 г. было изъято 1472 браконьерских орудий лова (раколовки и ловушки) и 4690 экз. раков. Общий объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,1574 т. В 2024 г. было изъято 1892 браконьерских орудий лова (раколовки и ловушки) и 4640 экз. раков. Общий объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,2347 т. Вероятно увеличение объемов ННН-промысла в 2023–2024 гг. негативно отразится на промысловом запасе и размерных характеристиках популяции раков.

Промысловая статистика, используемая в качестве входных данных для моделирования на JABBA представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Многолетняя промысловая статистика вылова раков в р. Дон, включая водоемы поймы в период 2012–2024 гг.

Год	CPUE – улов на 1 раколовку, кг.	Улов С, 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
2023	2,119	1,6
2024	2,504	1,7

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 работой Musick [Musick, 1999] и информацией о биологических параметрах раков и близкородственных видов широкопалого (*Astacus astacus*) и длиннопалого (*Pontastacus leptodactylus*) рака, диапазон поиска оптимума параметра популяционной пластичности определен на уровне $r = [0,16; 0,5]$. Диапазон поиска оптимума параметра емкости среды задан на уровне $K = [22, 30]$ т на уровне ранее выполненных 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 была 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. При параметризации задана высокая вероятность занижения входных данных по уловам и уловам на единицу промыслового усилия, связанная с наличием ННН-промысла, но с использованием неоткорректированных входных данных о годовых выловах: $catch.cv = 0,8$ (диапазон возможной ошибки в уловах на логарифмической шкале, до 40 % от величины легального вылова); $catch.error = under$ (вероятность наличия ошибок в рыбопромысловой статистике с систематической недооценкой).

Представленная априорная параметризация модели ранее была применена при подготовке материалов. 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.

Результаты оценок биомассы запаса раков, промысловой смертности их 95 % доверительных интервалов (CI95) (таблица 13). Результаты оценки параметров продукционного уравнения и их 95 % доверительные интервалы представлены в таблице 14.

Таблица 13 – Результаты ретроспективных оценок биомассы запаса и промысловой смертности раков в р. Дон, включая водоемы поймы при помощи модели Фокса в комплексе JABBA в период 2012–2024 гг. (ретроспективная модель)

Год	<i>B</i> (биомасса запаса, т)	<i>B</i> .CI95 (доверительный интервал <i>B</i> , т)	<i>F</i> (промысловая смертность)	<i>F</i> .CI95 (доверительный интервал оценок промысловой смертности)
2012	20,0	12,8-31,0	0,13	0,06-0,43
2013	19,0	12,1-27,1	0,24	0,12-0,55
2014	16,3	10,4-23,2	0,40	0,22-0,66
2015	12,6	8,5-17,7	0,35	0,20-0,71
2016	11,7	7,0-17,3	0,36	0,19-0,79
2017	10,9	6,0-17,0	0,39	0,19-0,79
2018	10,1	5,4-17,0	0,44	0,20-0,96
2019	9,0	4,3-16,0	0,56	0,22-1,15
2020	7,3	3,3-14,2	0,10	0,04-0,28
2021	10,3	5,8-17,8	0,34	0,18-0,65
2022	10,7	6,2-17,8	0,37	0,19-0,73
2023	10,6	5,5-17,6	0,25	0,12-0,63
2024	11,6	5,7-19,2	0,26	0,11-1,02

Таблица 14 – Результаты оценки параметров продукционного уравнения Фокса в комплексе JABBA.

Параметр	Значение	Доверительный интервал, $p = 0,95$
<i>K</i>	26,2	22,6 – 30,4
<i>r</i>	0,40	0,27 – 0,62
<i>psi</i>	0,77	0,50 – 1,15
<i>sigma</i>	0,05	0,03 – 0,10

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 15).

Таблица 15 – Биологические ориентиры концепции MSY для раков в р. Дон, включая водоемы поймы, на основе оценок модели JABBA

Параметр	Оценка	Доверительный интервал, $p = 0,95$
MSY, т	3,887	2,69–5,879
B_{MSY} , т	9,633	8,335–11,202
F_{MSY}	0,404	0,273–0,619

В соответствии с выполненными оценками ориентиров концепции MSY, максимально продуктивное состояние популяции может быть достигнуто при биомассе промыслового запаса $B_{tr} = B_{MSY} = 9,633$ т. В таком случае максимально устойчивый вылов должен составить $MSY = 3,887$ т ($MSY = B_{MSY} * F_{MSY} = 9,633 * 0,404 = 3,89$). В соответствии с концепцией MSY, граничный ориентир $B_{lim} = 4,817$ т ($B_{lim} = 0,5 * B_{tr} = 9,633 * 0,5 = 4,817$).

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 4).

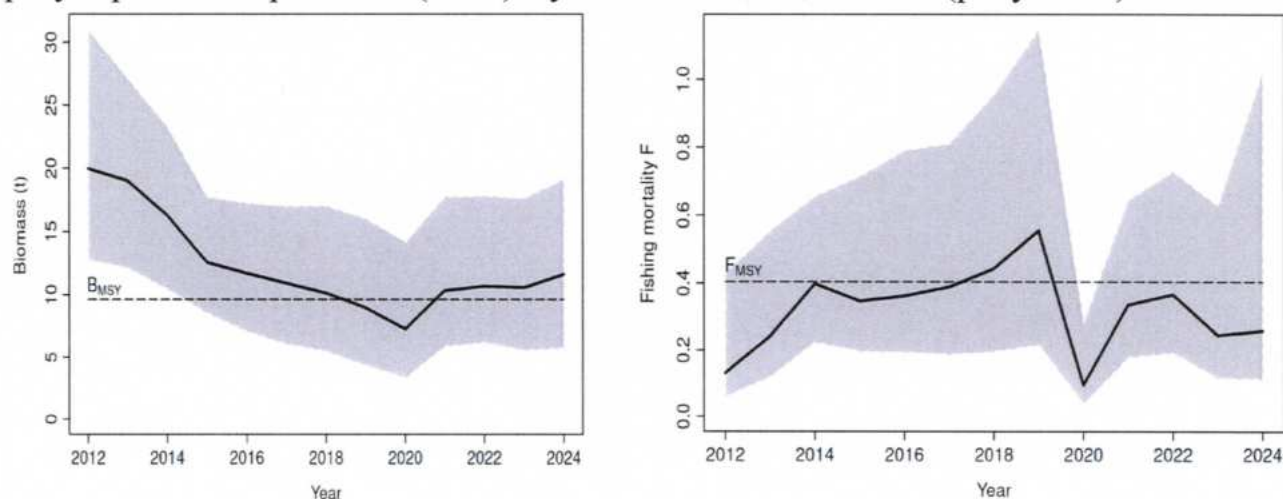


Рисунок 4 – Биомасса запаса (B) и целевой ориентир B_{MSY} , промысловая смертность и целевой ориентир F_{MSY} для раков в 2012–2024 гг.

В соответствии с полученными результатами на рисунке 4, в период 2012–2020 гг. отмечается постепенное сокращение биомассы запаса раков, с 2019 г. – ниже уровня целевого ориентира по биомассе запаса ($B_{2019-2020}/B_{MSY} < 1$). В период 2012–2019 гг. и 2020–2022 гг. отмечался постепенный рост уровня промысловой смертности, которая превысила целевой уровень ориентира в 2018–2019 гг. С 2020 г. промысловая смертность была ниже целевого уровня F_{MSY} .

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., была обусловлена в том числе резким сокращением объемов добычи раков в 2020 г. по административным причинам и сокращением продолжительности промыслового периода до 3 месяцев.

В 2024 г. биомасса запаса находилась выше целевого уровня ($B_{2024}/B_{MSY} = 1,2$), а промысловая смертность ниже целевого ($F_{2024}/F_{MSY} = 0,64$). На основании полученных результатов текущее состояние популяции можно резюмировать как:

- Состояние промысла: недоэксплуатация, ниже уровня максимально устойчивого вылова, тенденция на увеличение;
- Состояние запаса: выше целевого ориентира, стабилизация запаса в 2020–2024 гг.

Для аргументации применения выбранных правил регулирования промысла следует отметить негативное воздействие ННН-промысла на популяцию раков в р. Дон, включая водоемы поймы. 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. В 2024 г. зафиксирован рекордный объем ННН-промысла: общий объем незаконно добытых раков составил 0,2347 т, что почти в 6 раз выше, чем в 2021 г.

Комбинированные результаты на схеме 4-зонального состояния биомассы запаса и промысла представлены на рисунке 5. 4-х зональная схема состояния запаса и промысла наглядно демонстрирует ранее рассмотренное изменение системы «запас-промысел»: переэксплуатация популяции официальным промыслом в 2018 г. и 2019 г. и состояние запаса относительно выше целевого уровня за весь период исследования, кроме 2019 г. и 2020 г.

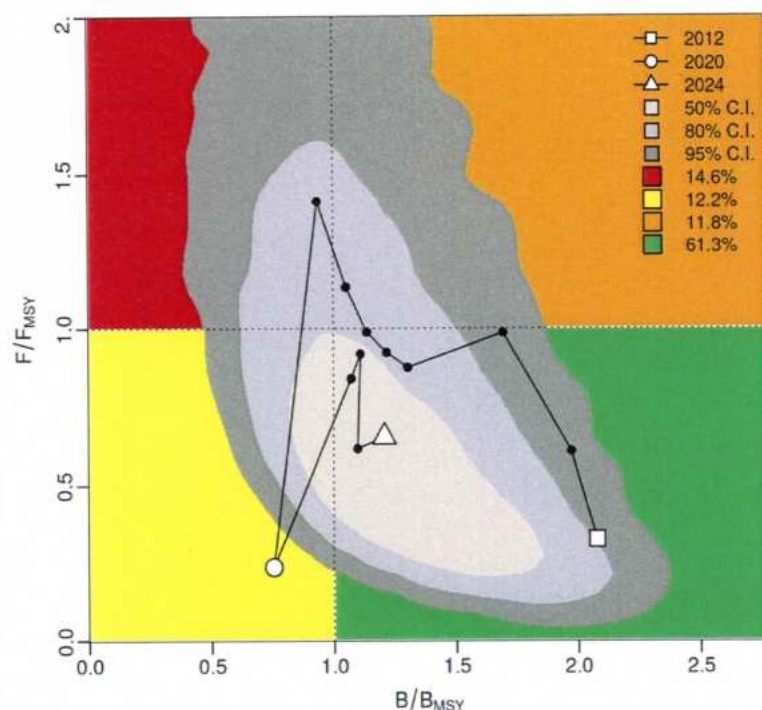


Рисунок 5 – Траектории оценок состояния запасов и промысла раков р. Дон, включая водоемы поймы (4-х зональное ПРП)

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 2025–2026 гг. с рассмотрением следующих сценариев:

- Сценарий MSY: сценарий максимально устойчивого вылова на уровне $C = B_{\text{terminal}} * F_{\text{MSY}}$;

- Сценарий SQ (статус-кво): сценарий изъятия на уровне среднетрехлетней промысловой смертности, $C = B_{\text{terminal}} * \text{AVG}(F_{2022-2024})$;

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

Текстовые результаты моделирования краткосрочных прогнозных сценариев представлены в таблице 16, графические – на рисунке 6.

Таблица 16 – Сценарии краткосрочного прогноза ОДУ и запаса раков в р. Дон, включая водоемы поймы при различных параметрах управления промыслом на 2025–2027 гг.

Годы	Сценарий SQ ($F = 0,29$)		Сценарий MSY ($F = 0,40$)		Сценарий +15 % MSY ($F = 0,47$)		Сценарий -15 % MSY ($F = 0,34$)	
	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т
2025	12,0	3,5	12,0	4,9	12,0	5,6	12,0	4,1

2026	12,2	3,6	10,9	4,4	10,1	4,7	11,6	4,0
2027	12,4	3,6	10,3	4,1	9,2	4,3	11,4	3,9

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

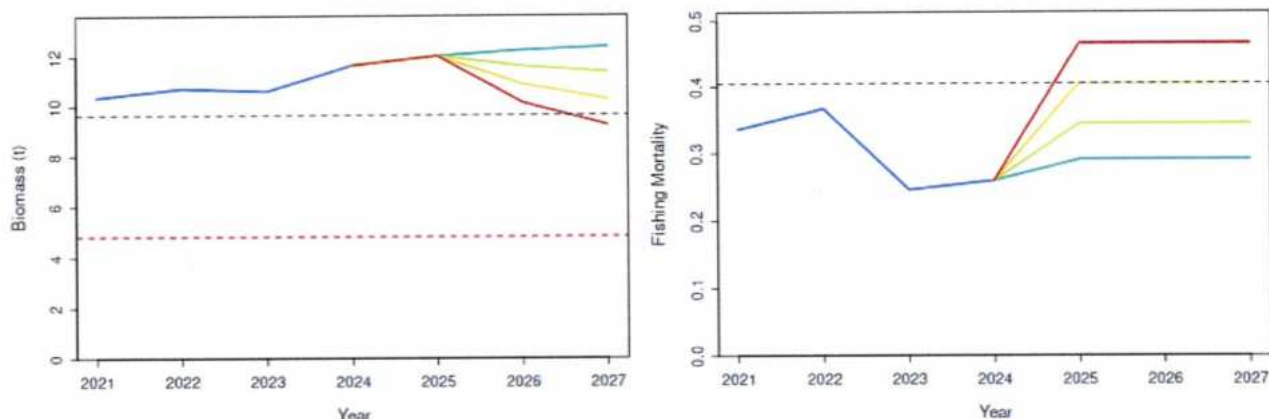


Рисунок 6 – Прогнозные сценарии состояния биомассы запаса (слева) и промысловой смертности (справа) относительно целевых ориентиры (и граничного ориентира B_{lim} – красная пунктирная линия). Синяя кривая – ретроспективные оценки, бирюзовый цвет - сценарий SQ (статус кво), желтый цвет – сценарий MSY, салатовый цвет кривой - MSY -15 %, красный цвет кривой - сценарий MSY +15 %.

Полученные результаты краткосрочного прогноза (рисунок 6), указывают на возможность реализации любого из представленных сценариев в период 2026–2027 гг. Каждый из рассматриваемых сценариев не будет приводить к снижению биомассы запаса ниже уровня граничного ориентира в период 2026–2027 гг. 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 MSY -15 %. При реализации такого сценария биомасса запаса в 2026 г. составит 11,6 т. В 2024 г. отмечалось улучшение условий среды обитания (увеличение водности) что подтверждает тенденции роста запаса.

Таким образом, при реализации сценария управления промысла на уровне MSY-15 % биомасса промыслового запаса раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в р. Дон, включая водоемы поймы в 2026 г. составит 11,6 т.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Рассмотренные краткосрочные сценарии управления запасом свидетельствуют о возможности установления ОДУ в 2026 г. на уровне от 3,6 т до 4,7 т запаса. С учетом ранее рассмотренных обстоятельств, для управления

запасом выбран сценарий изъятия на уровне MSY-15 %, при котором ОДУ в 2026 г. составит 4,0 т. Такая величина ОДУ, превышающая аналогичный показатель 2025 г. на 25 %, обусловлена ростом промыслового запаса в 2023–2025 гг. в условиях наблюдаемого повышения водности в бассейне р. Дон.

Таким образом, ОДУ раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) для р. Дон, включая водоемы поймы на 2026 г. ОДУ составит 4,0 т.

Анализ и диагностика полученных результатов

В генеральном представлении при моделировании достигнуто схождение по всем рассматриваем параметрам продукционной модели согласно тесту Geweke, что позволяет рассматривать текущие результаты как приемлемые.

Диагностика репрезентативности выполненных оценок (рисунок 3, таблица 3), свидетельствует о достаточно 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 52 %, а для промысловой смертности – на 96 %. Максимальное отклонение доверительных интервалов от медианных оценок для биомассы запаса отмечено в 2020 г. и может составить до 75 %, для оценок промысловой смертности максимальное отклонение отмечено в 2024 г. и может приносить неточность в результаты до 176 %.

Диагностика стабильности оценок модели и ее прогностической силы выполнена при помощи ретроспективного теста и параметрического теста Мона, рисунок 7 [Mohn, 1999]. Результаты ретроспективного теста указывают на удовлетворительную надежность оценок и прогностическую силу величин биомассы запаса (не отклоняется от рекомендованного интервала $p \in [-0,22; +0,3]$) и на низкую надежность выполненных оценок и прогноза величин промысловой смертности (существенно отклоняются от рекомендованного интервала $p \in [-0,22; +0,3]$).

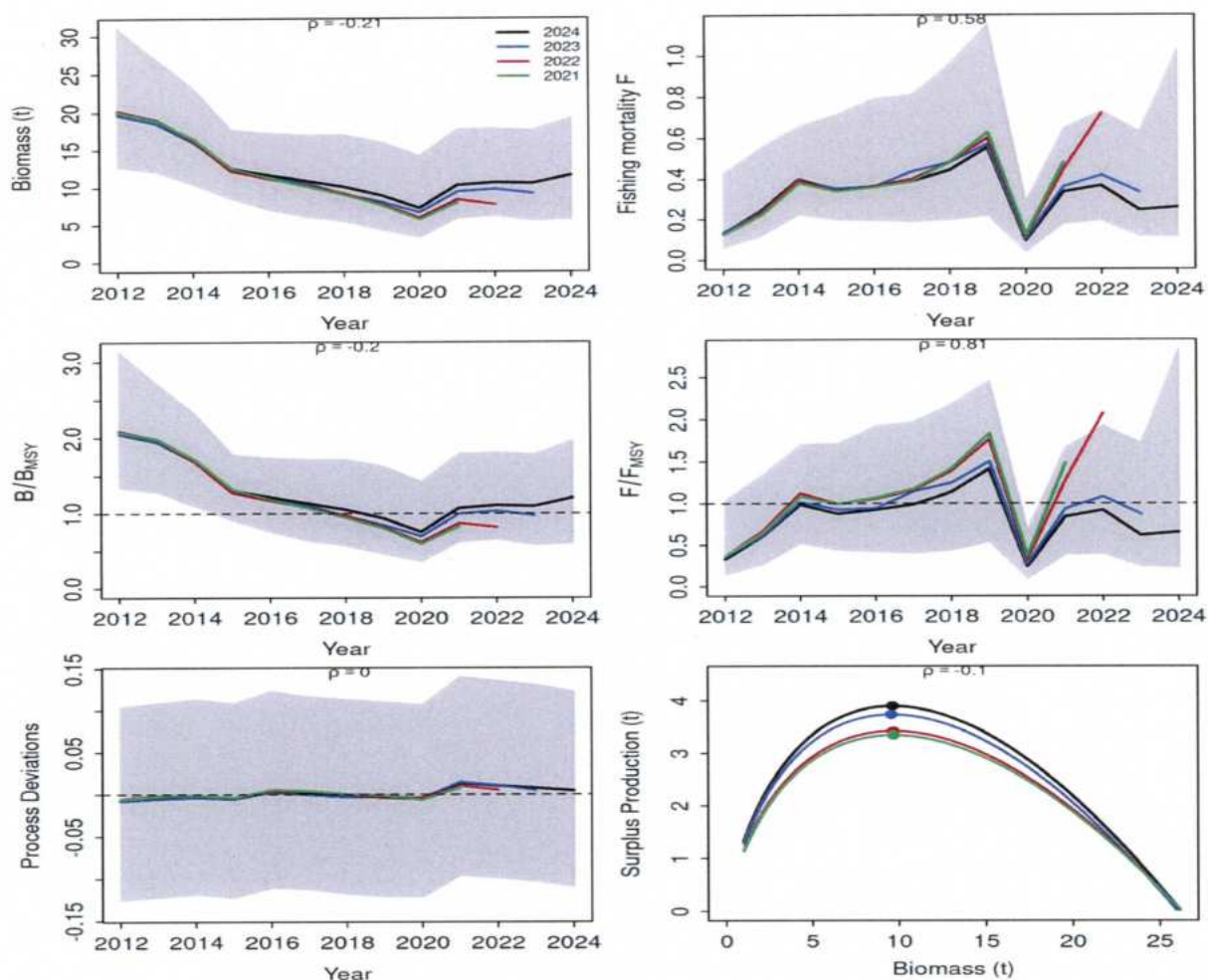


Рисунок 7 – Ретроспективный тест надежности модели с горизонтом 3 года. Слева - биомасса запаса, справа – промысловая смертность. Нижние 2 рисунка – ошибки процесса и построения продукционной кривой.

Диагностика невязок индекса улова-на-усилие от теоретических ожиданий модели представлена на рисунке 8. Диагностика невязок демонстрирует удовлетворительную надежность входного ряда данных в период 2013–2024 гг. Начиная с 2020 г. отмечаются значимые отклонения в показателях 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.

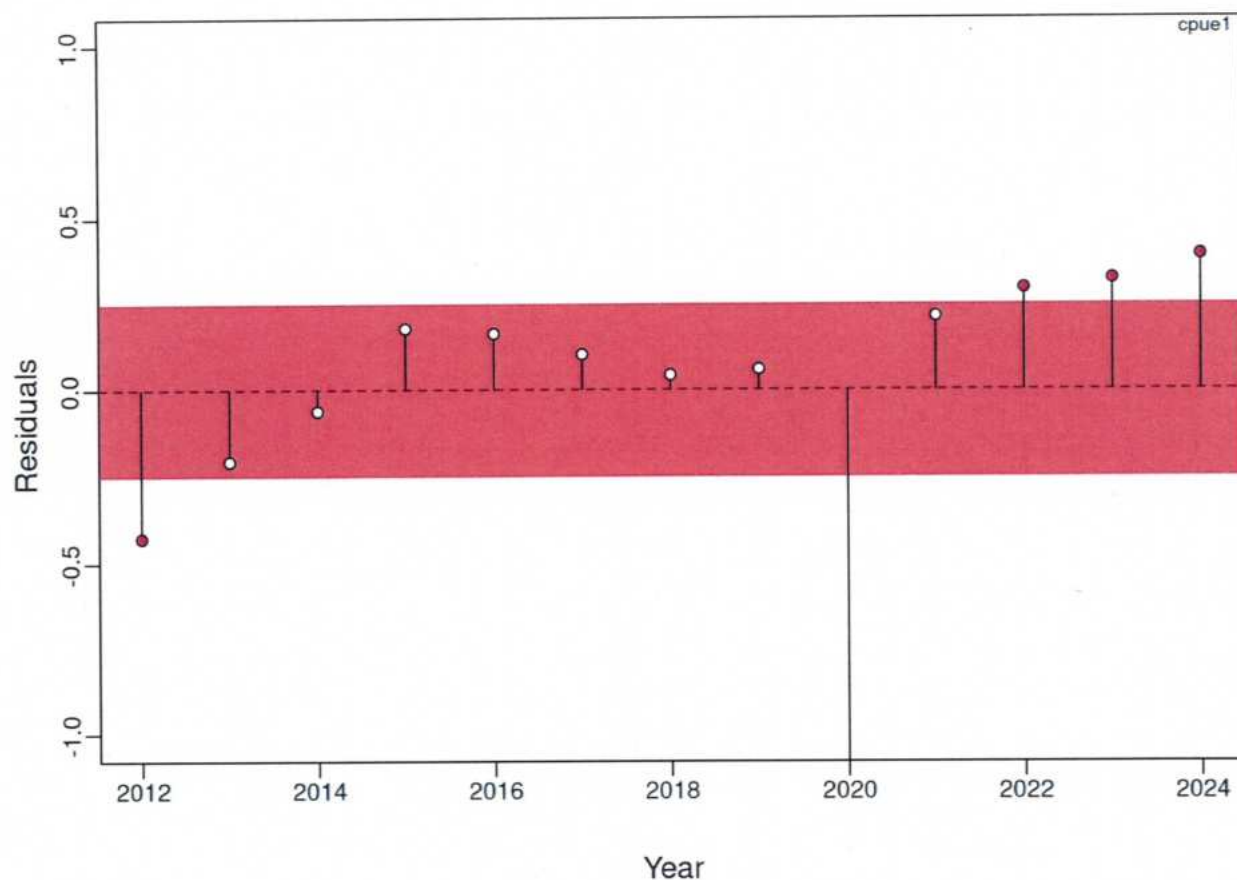


Рисунок 8 – Диагностика невязок индекса улова-на-усилие относительно теоретических оптимальных величин продукционного моделирования. Область, отмеченная красным цветом – статистически не значимые отклонения. Точки, отмеченные красным цветом – статистически значимые отклонения, привносящие неопределенность в результаты моделирования.

Сравнение диагностики полученных результатов свидетельствует об ухудшении надежности и точности прогноза относительно предшествующих реализаций прогноза. Это связано со снижением вылова в 2023 г. на 41 % относительно 2022 г., увеличением объемов ННН-промысла на 49 % в 2024 г. по сравнению с 2023 г. 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 et al, 2021].

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

Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн. Рыбопромысловый район:

12870 – бассейн р. Сал

*Исполнители – зав. лабораторией, к.б.н. Е.М. Саенко,
зам. начальника центра М.М. Пятинский, главный специалист С.В.
Котов*

*(Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»)
Куратор – с.н.с., к.б.н. С.А. Белорусцева (ФГБНУ «ВНИРО»)*

Анализ доступного информационного обеспечения

В качестве доступного информационного обеспечения имеются материалы, собранные в ходе проведения учетных съемок в бассейне р. Сал в 2012–2024 гг., данные официальной промысловой статистики о вылове раков в 2012–2024 гг., о разрешенном количестве раколовов 2012–2024 гг. и объемах ННН-промысла в 2021–2024 гг., предоставленные Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства (АЧТУ). Информационное обеспечение прогноза соответствует II уровню [Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104].

В 2024 г. исследования состояния, распределения, численности и биомассы популяций раков в промысловых водоемах Ростовской области (бассейн р. Сал) проводили в течение мая-ноября. 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 расположения учетных станций представлена на рисунке 9.

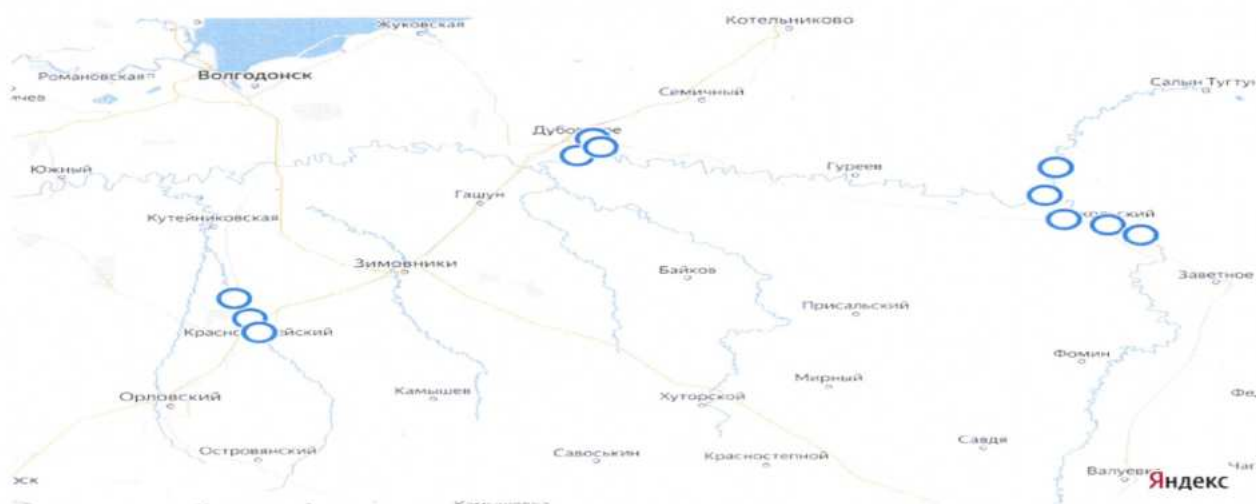


Рисунок 9 – Карта-схема расположения станций астакологических съемок в бассейне р. Сал в 2012–2024 гг.

В качестве орудий лова использовались раколовки с размером (шагом) ячеи 16 мм. Объем собранного и проанализированного материала в 2024 г. получен из уловов 470 раколовек. Биологический анализ заключался в учете размерно-массовых и половых характеристик особей, выполнен для 275 раков.

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. Сбор материала проводили по сетке станций утвержденной Программой научно-исследовательских работ.

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

Исходя из наличия доступной информации (исторические ряды вылова и количества раколовек в 2012–2024 гг.), запас раков в бассейн р. Сал с притоками формально соответствует II уровню информационной обеспеченности, предполагающий использование ограниченного аналитического оценивания посредством продукционных моделей. В 2025 г. при подготовке материалов к определению ОДУ на 2026 г. в качестве основного метода с учетом опыта составления прогноза в 2024 г. были применены динамические продукционные модели, реализованные в программных комплексах JABBA [Winker et.al., 2019].

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 количественных оценок ННН-промысла только за 2021–2024 гг., а также короткие временные ряды создавали определенные трудности в реализации продукционных моделей, однако они не стали непреодолимым препятствием для их применения для обоснования на 2026 г. ОДУ раков.

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. Принципиальная допустимость

подобной операции рассматривалась на Отраслевом методологическом семинаре по изучению современных методов оценки и рационального использования водных биологических ресурсов (7–11 октября 2019 г., г. Сочи).

Наличие промысловой статистики о величинах общего годового вылова и количества разрешенных орудий лова за период 2012–2024 г. позволяет отнести информационное обеспечение прогноза ко II-информационному уровню. Имеющийся ряд данных за 12 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 промысловой статистики и отсутствие непрерывных оценок объемов ННН-промысла 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 4.0 [Бабаян, Бобырев, Булгакова и др., 2018] и SPiCT [Pedersen, 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., 2019; 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 , K , q продукционного уравнения.

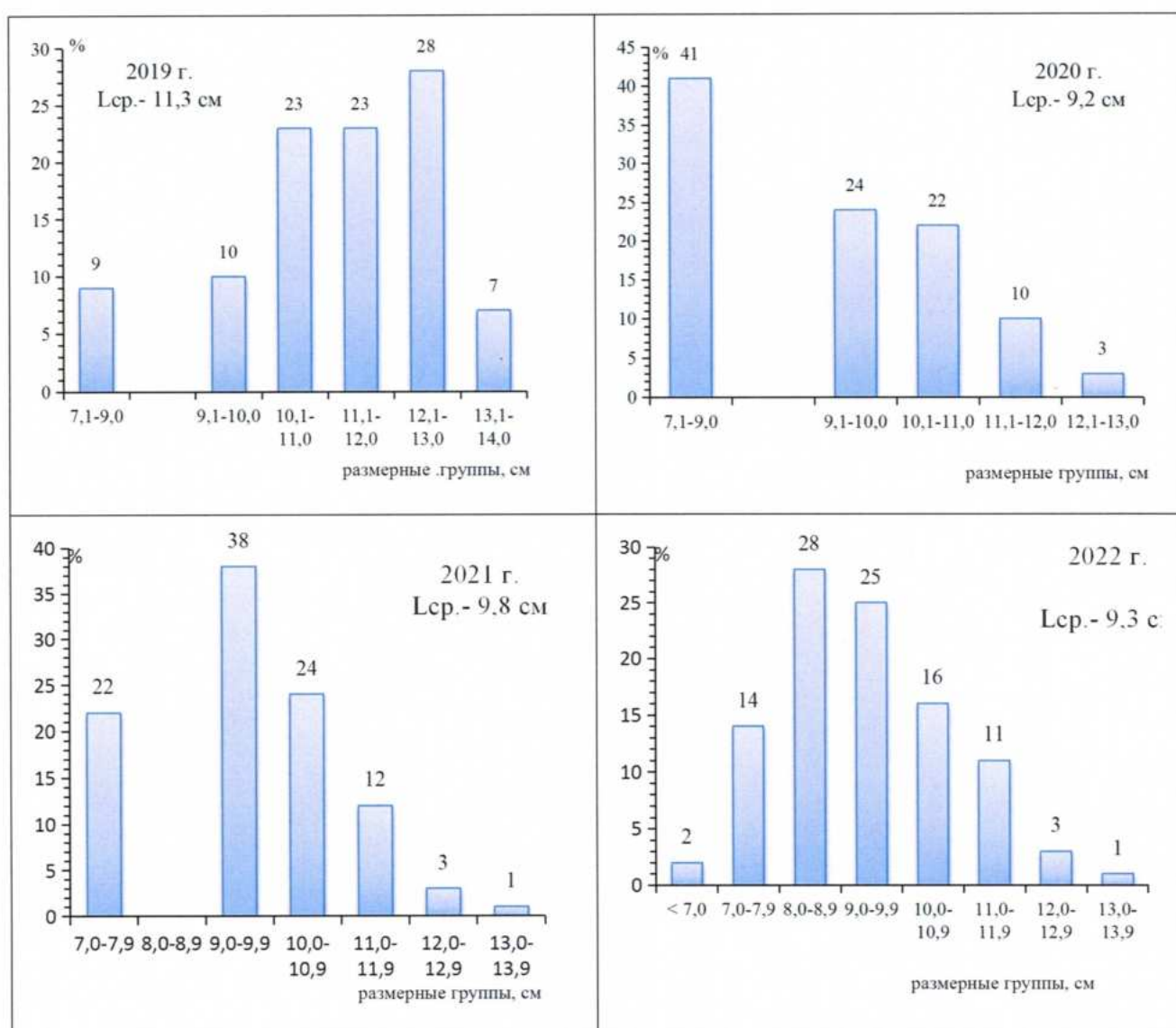
Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

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

Облавливаемая раколовками часть популяции, как правило, представлена 3 промысловыми группами и группой пополнения промыслового запаса. 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 последние годы в уловах малочисленны. Раки размером менее 10 см составляют группы пополнения промысловой части популяций. Так особи размером 9,1–10,0 см

пополняют промысловые запасы в следующем за годом исследований году. Раки размером 7,1–9,0 см пополняют промысловые запасы через 2 года.

Размерная структура скоплений раков, зарегистрированная в учетных орудиях лова (рисунок 10), свидетельствует о наличии двух различных периодов состояния скоплений раков. В 2019 г. модальный класс уловов был представлен первой промысловой группой с средней длиной 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. В 2023 г. модальный класс уловов был представлен первой промысловой группой со средней длиной 10,1 см. В 2024 г. модальный класс уловов был представлен особями непромысловых размеров со средней длиной 9,6 см.



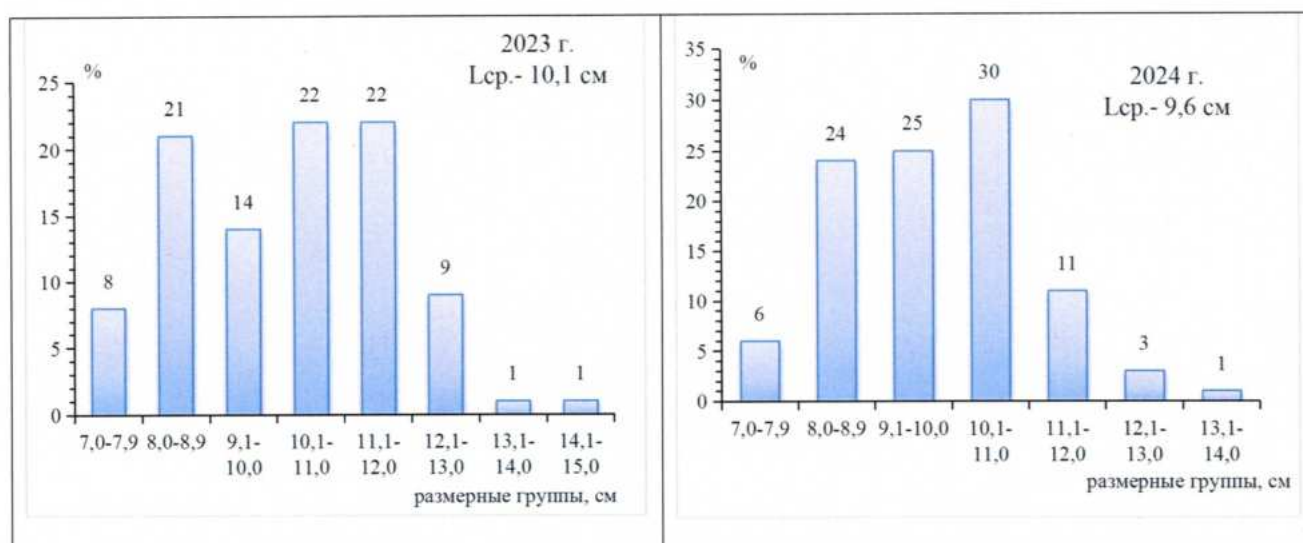


Рисунок 10 – Размерная структура популяции раков в бассейне р. Сал в 2019–2024 гг.

Оценку запасов раков в бассейне р. Сал выполнена аналогично р. Дон, включая водоемы поймы. До 2021 г. расчет промыслового запаса осуществляли методом прямого учета [Глушко, 2019]. В период 2021–2023 гг. оценку запасов раков выполнялась на основе трендового моделирования. Практика применения ППП «JABBA» с априорной параметризацией для оценки запасов раков в бассейне р. Сал впервые выполнена начиная с 2024 г. В результате выполненной апробации оценивание на основе ППП «JABBA» признано состоятельным и внедрено в практику подготовки материалов прогноза ОДУ. [Пятинский и др., 2023].

В соответствии с применяемыми методами оценки запаса показатели запаса в 2022–2024 гг. были значительно ниже предшествующих оценок (2012–2021 гг.). Это было обусловлено как ухудшением размерных характеристик запаса в предшествующие этому периоду годы 2021–2022 г. (рисунок 10), так и методическими особенностями применяемого подхода. При использовании трендовых моделей для прогноза запаса на 2022–2023 гг. выполнялась оценка мгновенной биомассы промыслового запаса на любой момент года. В предшествующий период (2012–2021 гг.) при оценке состояния запаса его биомасса оценивалась на начало года, до момента осуществления промысла. В соответствии с этими методическими особенностями, различия в оценках заключаются в моменте учета вступления особей группы пополнения в промысловый запас и момента осуществления промыслового изъятия.

Таблица 17 – Промысловый запас, ОДУ, вылов и освоение ОДУ раков в бассейне р. Сал в период 2012–2024 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	47,4	
2014	62,7	15,4	2,5	16,2	
2015	57,8	14,3	8,3	58,3	
2016	55,8	13,1	8,1	62,0	
2017	52,7	12,8	-	-	промысел не проводили
2018	50,4	11,9	-	-	промысел не проводили
2019	46,5	11,1	1,6	14,5	
2020	44,9	11,2	7,9	70,6	
2021	22,5	7,3	4,7	64,4	
2022	27,5	12,4	10,3	83,0	
2023	17,5	7,6	1,5	19,7	
2024	28,4	10,2	8,7	85,3	

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 промысловой 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 % освоения от объемов ОДУ. В 2023 г. вылов снизился до 1,5 т, что составляет 19,7 % освоения ОДУ. В 2024 г. вылов увеличился до 8,7 т, что составляет 85,3 % освоения ОДУ. Формирование гидрологического режима бассейна р. Сал в современный период происходит под влиянием неблагоприятных климатических условий в виде сочетания нескольких факторов: повышение зимних температур воздуха, уменьшение количества твердых осадков, снижение снегозапаса, недостаточное увлажнение почвы, связанное с повышением температуры в летне-осенний период. Это способствует росту потерь весеннего стока и потерь на испарение, в комплексе определяющих дефицит водных ресурсов как в сезонном, так и в многолетнем разрезе [Джамалов и др., 2017].

Представленный обзор промысловой статистики за прошедшие 10 лет свидетельствует о постепенном сокращении биомассы промыслового запаса раков в р. Сал на фоне постепенно возрастающих объемов официальной добычи в период 2014–2016 гг. с постепенным сокращением официальной добычи в 2019–2021 гг. относительно предшествующего периода, в 2023 г. вылов понизился до уровня 2019 г., в 2024 г. вылов увеличился до уровня 2015 г. Следует заметить, что процент освоения квоты ОДУ за

рассматриваемый период ни разу не превышал 85 %, а средняя доля освоения ОДУ составляла 52,7 %. Такая рыбохозяйственная 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 раколовок Правилами рыболовства. Общий объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,13 т. В 2022 г. было изъято 613 неучтенных орудий лова (раколовки и ловушки), объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,14 т. В 2023 г. было изъято 2835 неучтенных орудий лова (раколовки и ловушки). Объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,29 т. В 2024 г. было изъято 1365 неучтенных орудий лова (раколовки и ловушки). Объем незаконно изъятых промысловых биоресурсов составил 0,41 т., что больше более чем в 3 раза выше по сравнению с 2021 г.

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 работой Musick [Musick, 1999] и информацией о биологических параметрах раков и близкородственных видов широкопалого (*Astacus astacus*) и длиннопалого (*Pontastacus leptodactylus*) рака, диапазон поиска оптимума параметра популяционной пластичности 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 было 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 до 50 % от уровня среднегодового вылова); $catch.error = under$ (вероятность наличия ошибок в рыбопромысловой статистике с систематической недооценкой).

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.

Результаты оценок биомассы запаса раков, промысловой смертности и их 95 % доверительных интервалов (CI95) представлены в таблице 18. Результаты оценки параметров продукционного уравнения и их 95 % доверительные интервалы представлены в таблице 19.

Таблица 18 – Результаты ретроспективных оценок биомассы запаса и промысловой смертности раков в бассейне р. Сал при помощи модели Фокса в комплексе JABBA в период 2012–2024 гг. (ретроспективная модель).

Год	<i>B</i> (биомасса запаса, т)	<i>B</i> .CI95 (доверительный интервал <i>B</i> , т)	<i>F</i> (промысловая смертность)	<i>F</i> .CI95 (доверительный интервал оценок промысловой смертности)
2012	59,9	36,9-96,6	0,05	0,02-0,41
2013	64,5	39,5-92,4	0,44	0,14-0,79
2014	42,5	23,4-70,4	0,15	0,06-0,49
2015	46,3	32,0-65,8	0,27	0,16-0,62
2016	45,4	28,5-65,2	0,30	0,16-0,70
2017	42,9	24,7-64,0	0,37	0,18-0,86
2018	37,9	18,4-61,3	0,21	0,08-0,66
2019	41,2	21,5-66,4	0,08	0,03-0,31
2020	50,0	28,9-76,3	0,26	0,13-0,62
2021	47,7	26,3-72,9	0,18	0,08-0,55
2022	49,7	26,8-75,6	0,37	0,18-0,81
2023	41,5	17,9-67,6	0,08	0,03-0,45
2024	49,8	21,5-76,1	0,43	0,15-3,19

Таблица 19 – Результаты оценки параметров продукционного уравнения Фокса в ППП «JABBA».

Параметр	Значение	Доверительный интервал, $p = 0,95$
<i>K</i>	92,4	84,9–100,6
<i>r</i>	0,38	0,25–0,59
<i>psi</i>	0,66	0,41–1,05
<i>sigma</i>	0,05	0,034–0,099

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 20).

Таблица 20 – Биологические ориентиры концепции MSY для раков в бассейне р. Сал на основе оценок модели JABBA

Параметр	Оценка	Доверительный интервал, $p = 0,95$
MSY , т	12,9	8,6–20,2
B_{MSY} , т	34,0	31,3–37,0
F_{MSY}	0,38	0,25–0,59

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 $MSY = 13,0$ т ($MSY = B_{MSY} * F_{MSY} = 34,0 * 0,38 = 12,9$). В соответствии с концепцией MSY, граничный ориентир $B_{lim} = 17,0$ т ($B_{lim} = 0,5 * B_{tr} = 34,0 * 0,5 = 17,0$).

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 (ПРП) с учетом концепции MSY (рисунок 11).

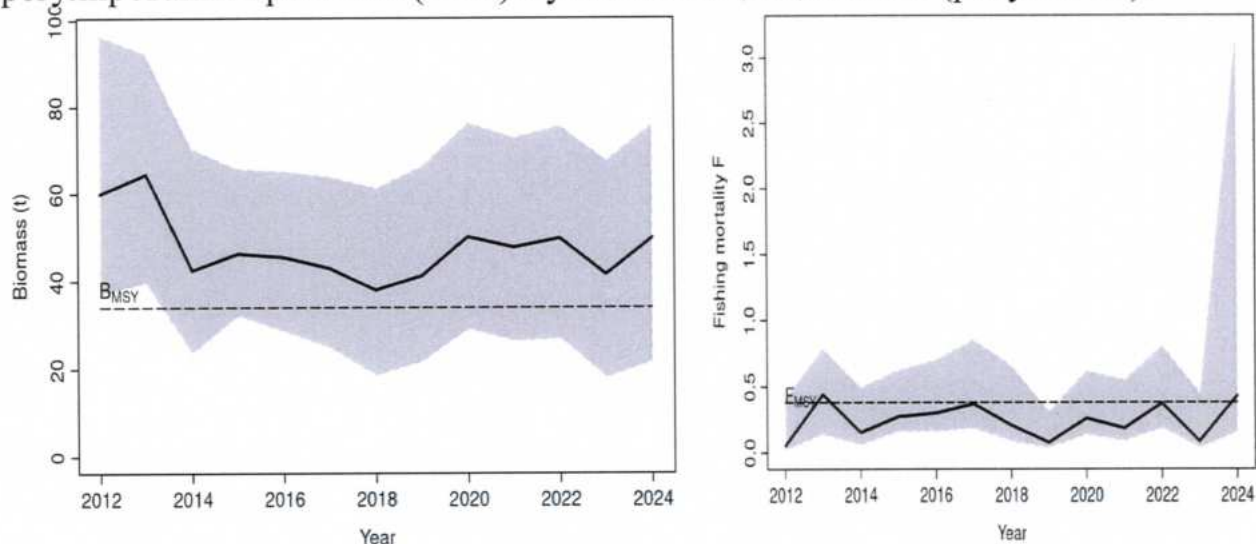


Рисунок 11 – Биомасса запаса (B) и целевой ориентир B_{MSY} , промысловая смертность и целевой ориентир F_{MSY} для раков в 2012–2024 гг.

В соответствии с полученными результатами на рисунке 11, в период 2012–2018 гг. отмечается постепенное снижение биомассы запаса раков, тем не менее запас находился выше целевого уровня ($B_{2012-2018}/B_{MSY} > 1$). В этот же период отмечены колебания уровня промысловой смертности, который незначительно превысил уровень целевого ориентира эксплуатации в 2013 г.

($F_{2013}/F_{MSY} > 1$). 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 сокращением объемов добычи раков в 2019 г.

В настоящее время, в 2024 г., биомасса запаса находится выше уровня целевого ориентира ($B_{2024}/B_{MSY} = 1,5$), а промысловая смертность находится на уровне максимально устойчивого вылова ($F_{2024}/F_{MSY} = 1,1$). На основании полученных результатов текущее состояние популяции можно резюмировать как:

- Состояние промысла: на уровне максимально устойчивого вылова, тенденция на увеличение;
- Состояние запаса: выше целевого ориентира, с тенденцией к увеличению.

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.

Комбинированные результаты на схеме 4-зонального состояния биомассы запаса и промысла представлены на рисунке 12. 4-х зональная схема состояния запаса и промысла наглядно демонстрирует ранее рассмотренное изменение системы «запас-промысел»: переэксплуатация популяции официальным промыслом в 2013 г. и благоприятное состояние запаса относительно целевого уровня за весь период исследования.

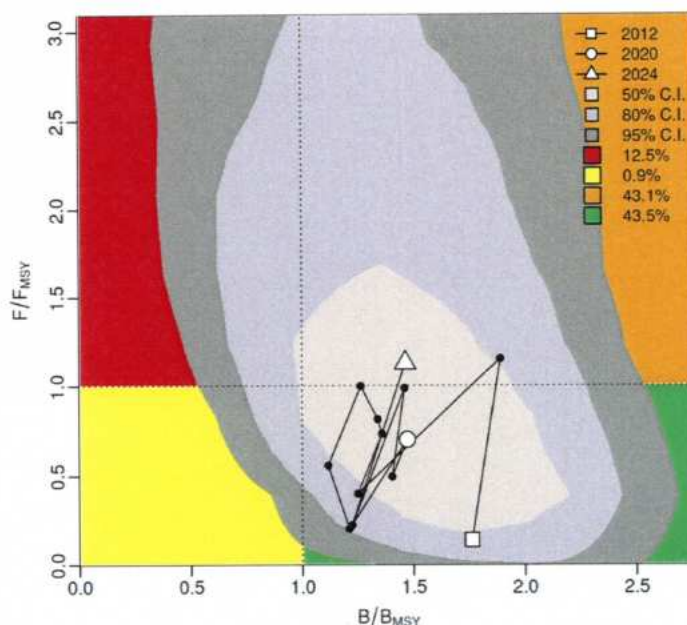


Рисунок 12 – Траектории оценок состояния запасов и промысла раков в бассейне р. Сал, включая водоемы поймы (4-х зональное ПРП)

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 2025–2026 гг. с рассмотрением следующих сценариев:

- Сценарий MSY: сценарий максимально устойчивого вылова на уровне $C = B_{\text{terminal}} * F_{\text{MSY}}$;

- Сценарий SQ (статус-кво): сценарий изъятия на уровне среднетрехлетней промысловой смертности, $C = B_{\text{terminal}} * \text{AVG}(F_{2022-2024})$;

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

Текстовые результаты моделирования краткосрочных прогнозных сценариев представлены в таблице 21, графические – на рисунке 13.

Таблица 21 – Сценарии краткосрочного прогноза ОДУ и запаса раков в бассейне р. Сал при различных параметрах управления промыслом на 2025–2027 гг.

Год	Сценарий SQ (F = 0,29)		Сценарий MSY (F = 0,38)		Сценарий +15 % MSY (F = 0,44)		Сценарий – 15 % MSY (F = 0,32)	
	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т	Запас, т	ОДУ, т
2025	37,6	11,1	37,6	14,3	37,6	16,4	37,6	12,2
2026	38,8	11,4	35,6	13,5	33,5	14,6	37,7	12,2

2027	39,7	11,7	34,4	13,1	31,2	13,6	37,9	12,2
------	------	------	------	------	------	------	------	------

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

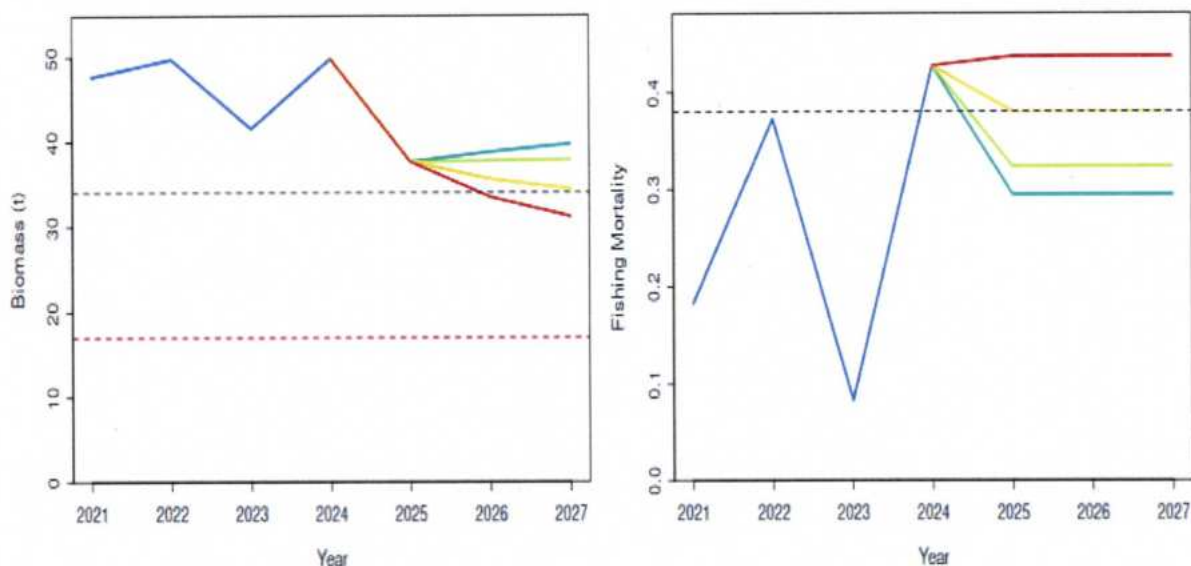


Рисунок 13 – Прогнозные сценарии состояния биомассы запаса (слева) и промысловой смертности (справа) относительно целевых ориентира (и граничного ориентира B_{lim} – красная пунктирная линия). Синяя кривая – ретроспективные оценки, бирюзовый цвет – сценарий SQ (статус кво), желтый цвет – сценарий MSY, салатовый цвет кривой – MSY -15%, красный цвет кривой - сценарий MSY +15 %.

Полученные результаты краткосрочного прогноза, рисунок 13, указывают на возможность реализации любого из представленных сценариев в период 2026–2027 гг. Каждый из рассматриваемых сценариев не будет приводить к снижению биомассы запаса ниже уровня граничного ориентира в период 2026–2027 гг. 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 рост ННН-промысла в 2024 г., негативно влияющего на популяцию раков наиболее рациональным является применение сценария MSY-15 %. При реализации такого сценария биомасса запаса в 2026 г. составит 37,7 т.

Таким образом, при реализации сценария управления промысла на уровне MSY- 15 %, биомасса промыслового запаса раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в бассейне р. Сал в 2026 г. составит 37,7 т.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Рассмотренные краткосрочные сценарии управления запасом свидетельствуют о возможности установления ОДУ в 2026 г. на уровне от 11,4 т до 14,6 т. С учетом ранее рассмотренных обстоятельств, для управления запасом выбран сценарий MSY – 15 %, при котором ОДУ в 2026 г. может

составить 12,2 т. Снижение устанавливаемого ОДУ на 9 % относительно аналогичного показателя в 2025 г. не будет приводить к снижению биомассы запаса ниже уровня граничного и целевого ориентира в период 2026–2027 гг. и будет приводить к снижению уровня промысловой смертности.

Таким образом, в 2026 г. ОДУ раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в бассейне р. Сал составит 12,2 т.

Анализ и диагностика полученных результатов

В генеральном представлении при моделировании достигнуто схождение по всем рассматриваем параметрам продукционной модели согласно тесту Geweke, что позволяет рассматривать текущие результаты как приемлемые.

Диагностика репрезентативности выполненных оценок, рисунок 11, таблица 18, свидетельствует о достаточно 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 49 %, а для промысловой смертности – на 166 %. Максимальное отклонение доверительных интервалов от медианных оценок для биомассы запаса отмечено в 2023 г. и может составить до 60 %, для оценок промысловой смертности максимальное отклонение отмечено в 2012 г и может приносить неточность в результаты до 378 %. Также в 2023 г. отклонение доверительных интервалов от медианных оценок для промысловой смертности составило до 356 %. Это связано со снижением вылова в 2023 г. в 10 раз относительно 2022 г., т.е. нарушено «равновесное» состояние системы запас-промысел.

Диагностика стабильности оценок модели и ее прогностической силы выполнена при помощи ретроспективного теста и параметрического теста Мона, рисунок 14 [Mohn, 1999].

Результаты ретроспективного теста указывают на удовлетворительную надежность оценок и прогностическую силу величин биомассы запаса (не отклоняется от рекомендованного интервала p $[-0,22; +0,3]$) и на низкую надежность прогноза величин промысловой смертности (отклоняется от рекомендованного интервала p $[-0,22; +0,3]$).

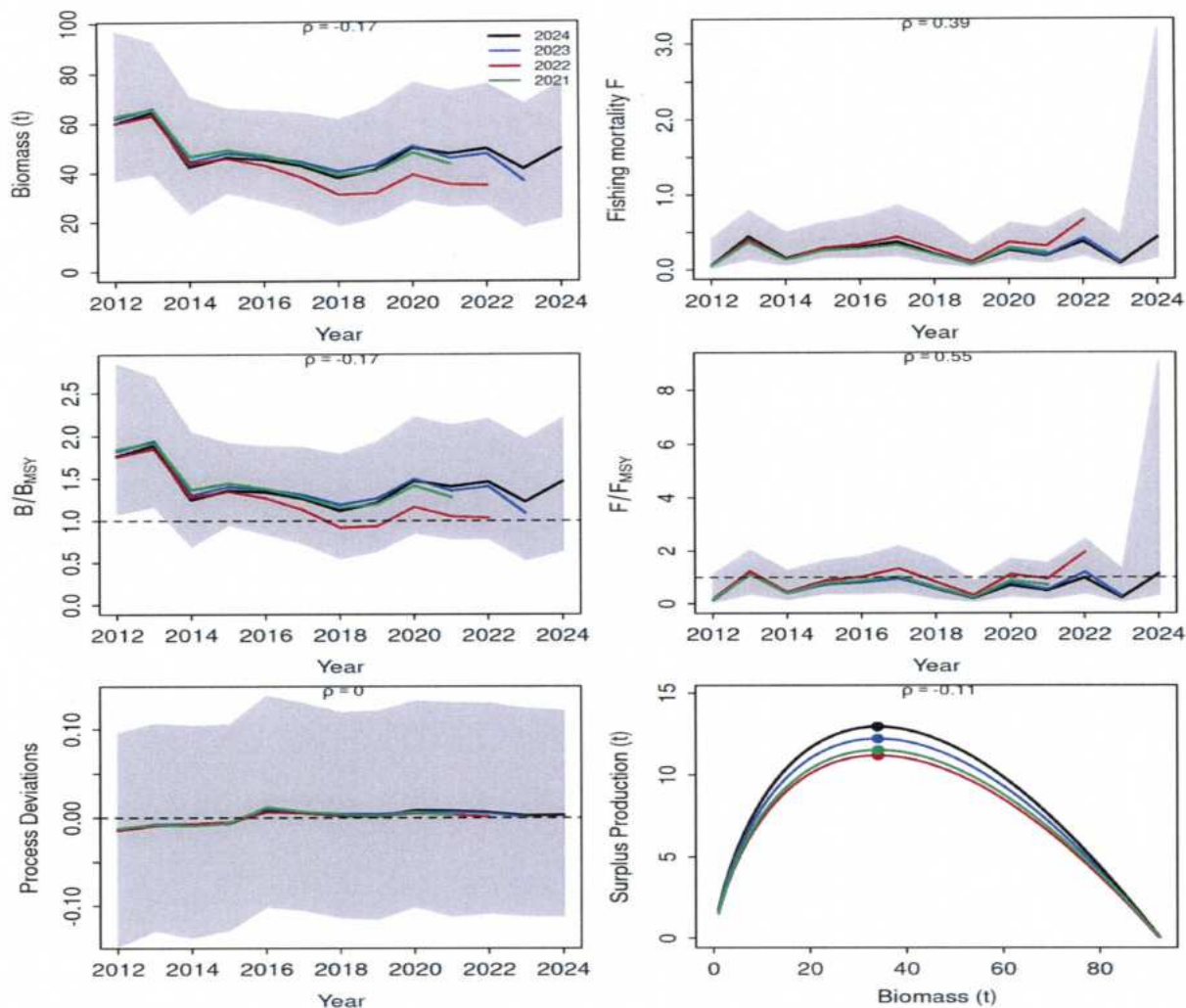


Рисунок 14 – Ретроспективный тест надежности модели с горизонтом 3 года. Слева - биомасса запаса, справа – промысловая смертность. Нижние 2 рисунка – ошибки процесса и построения продукционной кривой.

Диагностика невязок индекса улова-на-усилие от теоретических ожиданий модели представлена на рисунке 15. Диагностика невязок демонстрирует удовлетворительную надежность входного ряда показателей улова-на-усилие 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.

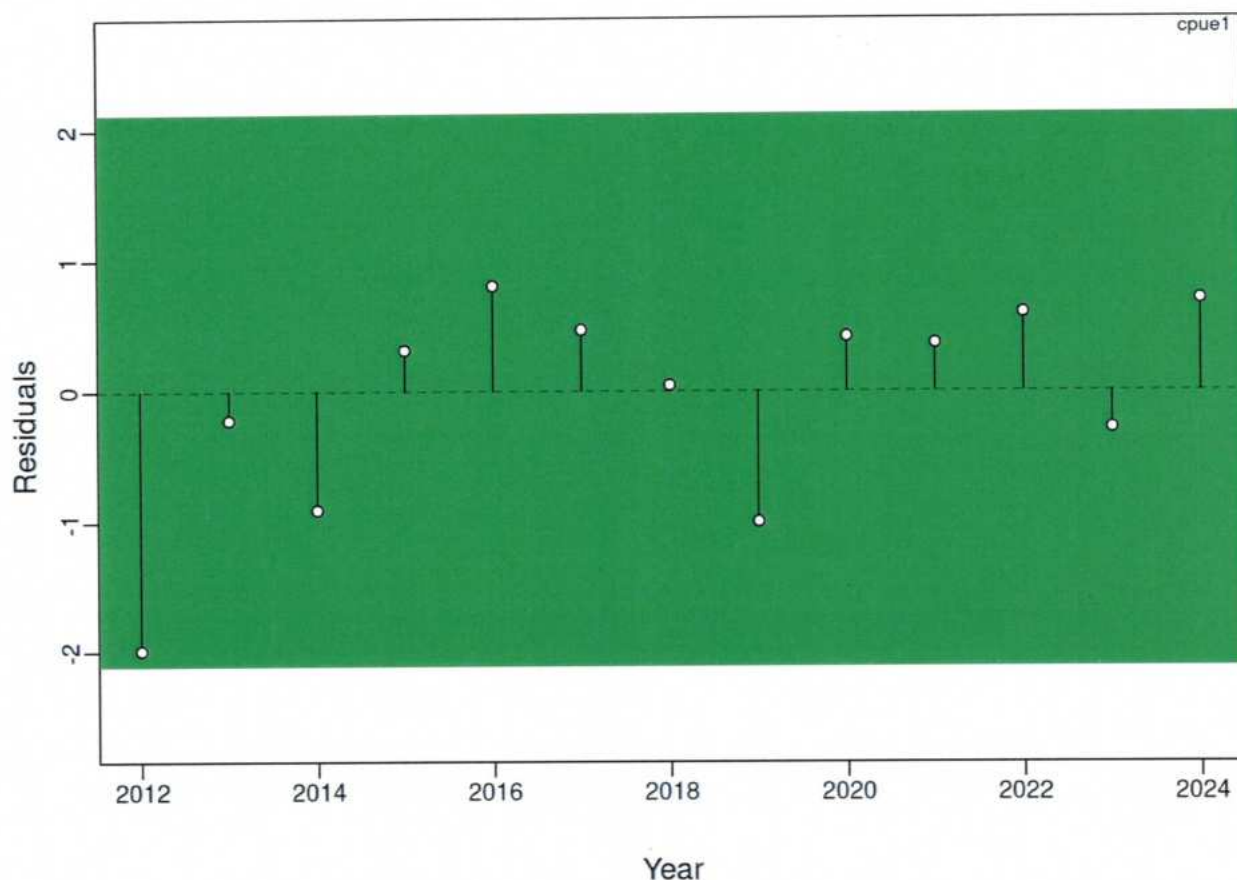


Рисунок 15 – Диагностика невязок индекса улова-на-усилие относительно теоретических оптимальных величин продукционного моделирования. Область, отмеченная зеленым цветом – статистически не значимые отклонения. Точки, отмеченные красным цветом – статистически значимые отклонения, приводящие к неопределенности в результатах моделирования.

Сравнение диагностики полученных результатов свидетельствует об ухудшении надежности и точности прогноза относительно предшествующих реализаций прогноза. Это связано со снижением вылова в 2023 г. в 10 раз относительно 2022 г., увеличением объемов ННН-промысла на 41 % в 2024 г. по сравнению с 2023 г. 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 et al, 2021].

3. Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Промышленный вылов раков в водоемах Ростовской области традиционно осуществляется раколовками. По Правилам рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна промышленный вылов раков в водоемах Ростовской области разрешен раколовками с размером (шагом) ячеи 16 мм и более, наличием не более 2 входов и размером 1 раколовки не более: длина – 100 см, высота и ширина для многоугольных – 80 см, диаметр для цилиндрических и конических – 80 см. Количество раколов на 1 т раков не должно превышать величину, указанную в Правилах (пп. 18.3, 36.3). Использование других орудий лова для добычи (вылова) раков повсеместно запрещено. Выбор данного орудия лова обусловлен тем, что из всех существующих орудий лова раков раколовки имеют облегченный каркас с небольшой площадью опоры и, следовательно, не оказывают значительного давления на грунт водоема и механического воздействия на донные биоценозы. Используемые сетематериалы изготовлены из химически нейтральных материалов, которые не могут оказать негативного воздействия на поверхностные воды и водные объекты.

Для предотвращения негативного воздействия промысла раков на воспроизводство раков Правилами рыболовства установлен запрет промысла раков в преднерестовый и нерестовый периоды и вылов самок раков, вынашивающих икру и личинок (п. 35.1).

Разрешенный период лова раков в р. Дон, включая водоемы поймы и бассейне р. Сал с 15 июня по 31 декабря. Разрешенным орудиями лова во всех водных объектах рыбохозяйственного значения Ростовской области являются раколовки, не оказывающие негативного воздействия на водную среду (поверхностные воды) водоемов (п. 35.2 б).

Изъятие раков из раколов проводится непосредственно на месте лова. Действующими Правилами запрещается при осуществлении добычи (вылова) раков производить добычу (вылов), приемку, выгрузку, обработку, транспортировку и хранение водных биоресурсов, имеющих в свежем виде длину меньше 9 см тела от линии, соединяющей середину глаз, до окончания хвостовых пластин (промысловый размер).

Раколовки относятся к пассивным орудиям лова. Установка их осуществляется с гребных и моторных лодок в местах наибольшего скопления раков в водоемах. В штатном безаварийном режиме работы моторные лодки не должны загрязнять поверхностные воды нефтепродуктами. Для предотвращения негативного воздействия заправка лодочных моторов в водоохранной зоне не должна проводиться. Заправка переносных бочков должна осуществляться на территории АЗС. При проведении промысла забор воды и сброс стоков запрещен.

В рамках оценки воздействия промысла на окружающую среду (ОВОС) Азово-Черноморским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») проводится мониторинг состояния донных отложений на Нижнем Дону весной и летом (по 8 станций) и Салу весной (5 станций).

В отсутствие утвержденных нормативов ПДК для донных отложений рыбохозяйственных водоемов сравнение показателей проводится по отношению к среднегодовым величинам (с учетом состава донных осадков).

В 2024 г. на *Нижнем Дону* на большинстве станций наблюдения содержание нефтепродуктов в донных отложениях было невысоким ($<0,015-0,90$ г/кг), повышенные концентрации зафиксированы локально в весенний период в районе г. Семикаракорск (2,12 г/кг), устье р. Темерник (2,73 г/кг), ниже г. Азов (6,15 г/кг) и рук. Каланча (3,29 г/кг); летом – в устье р. Темерник (1,63 г/кг) и рук. Каланча (3,29 г/кг). В пробах с повышенным содержанием нефтепродуктов в их составе преобладали стойкие к процессам деградации смолистые вещества, являющиеся признаком хронического нефтяного загрязнения. Из стойких ХОП в оба сезона наблюдений обнаружены метаболиты препарата ДДТ 2,4'-ДДЕ и 4,4'-ДДЕ в низкой суммарной концентрации: 0,3 мкг/кг в районе г. Семикаракорск и рук. Каланча и 0,2 мкг/кг ниже выпуска городской канализации г. Ростов-на-Дону и ниже г. Азов. Высоко токсичные изомеры ГХЦГ (α -, β -, γ -) и ПХБ в донных отложениях в значимых концентрациях не обнаружены. Содержание железа, марганца, цинка, меди, хрома, ртути и мышьяка находились в границах среднегодовых значений (2020–2023 гг.); кадмия – оказалось выше в среднем в 2,3 раза; свинца и никеля – напротив, минимальное. Удельная активность цезия-137 зарегистрирована на низком уровне – 3,37–9,29 Бк/кг.

В *р. Сал* в 2024 г. содержание нефтепродуктов, мышьяка и контролируемых тяжелых металлов в донных отложениях соответствовали данным наблюдений 2020–2023 гг. ПХБ и стойкие ХОП в донных осадках в значимых концентрациях не обнаружены; удельная активность цезия-137 – не зафиксирована.

В выставленные в водоем раколовки могут заходить помимо промысловых раков особи непромыслового размера и молодь рыб. Для минимизации возможного негативного воздействия на водные биоресурсы в пп. 19.3, 37.1, 37.2. действующих Правил раки непромысловых размеров и случайно попавшая в раколовки рыба должны выпускаться в водоем в месте отлова с наименьшими повреждениями. Контроль соблюдения пользователями всех требований Правил осуществляется Федеральным агентством по рыболовству (его территориальными органами). При соблюдении пользователями требований Правил рыболовства и должном контроле промысла деятельность по добыче (вылову) раков во внутренних водоемах Ростовской области не окажет негативного воздействия на окружающую среду.

При вылове раков в пределах рекомендованного ОДУ, неукоснительном соблюдении Правил рыболовства, промысел не будет оказывать негативное воздействие на воспроизводительную способность популяций промысловых биоресурсов и не подорвет их запасов. В целом будет способствовать поддержанию продукционных свойств запаса на высоком уровне и таким образом не наносит вред популяциям.

Таким образом, по результатам выполненных оценок предлагаемый ОДУ позволит осуществлять устойчивое неистощимое рыболовство раков в промысловых водоемах Ростовской области (р. Дон, включая водоемы поймы и бассейне р. Сал).

**4. Запасы и ОДУ водных биоресурсов во внутренних водах
Ростовской области, за исключением внутренних морских вод, на 2026 г.**

Таблица 12 – Величина запасов и ОДУ раков (виды родов *Astacus*, *Pontastacus*) в промысловых водоемах Ростовской области на 2026 г., т

Водоем	Запас, т	ОДУ, т
р. Дон, включая водные объекты поймы	11,6	4,0
Бассейн р. Сал	37,7	12,2
Всего	49,3	16,2

Список использованных источников

1. Бабаян В. К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО. 2018. 312 с.
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. Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. – М.: ГЕОС, 2017. – 205 с.
5. Майский В.Н. К методике учета рыбных запасов в Азовском море. Рыбное хозяйство, 1939, № 3, с. 33-34.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 июня 2009 №531 «Об определении и утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов и его изменении» [Электронный ресурс]. – URL: <https://consultant.ru>.
7. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 6 февраля 2015 г. № 104 «О представлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных биологических ресурсов во внутренних водах Российской Федерации, в том числе во внутренних морских водах Российской Федерации, а также в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях, а также внесения в них изменений»
8. Минсельхоза России от 08.09.2021 г. № 618 «Об утверждении перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов», зарегистрированным Минюстом России 15.10.2021 г. (регистрационный № 65432)
9. Приказ Минсельхоза России от 09.01.2020 № 1 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна» (зарегистрирован 12.03. 2020 №57719). [Электронный ресурс]. - URL: <https://docs.cntd.ru>.
10. Пятинский М. М., Мазникова О. А. Методы оценки запасов раков в водоемах нижнего течения р. Дон // Тезисы Междунар. науч.-практической Конф. «Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов». М: ВНИРО, 2023. С.114-116.
11. Рекомендации по оценке возможности использования водоемов для промысла и разведения речных раков // ГосНИОРХ, СПб, 2002, 31 с.

12. Черкашина Н.Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus* и *Caspiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения. М.: Нацрыбресурс. 2002. 256 с.
13. 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.
14. 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.
15. 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
16. 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.
17. 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
18. Winker H., Carvalho F., Kapur M. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment // Fisheries research. 2018. Vol 204. P. 275-288.
19. 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.