

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

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

**МАТЕРИАЛЫ ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА В РАЙОНЕ
ДОБЫЧИ (ВЫЛОВА) ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ВО ВНУТРЕННИХ МОРСКИХ ВОДАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ МОРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ РОССИЙСКО
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КАСПИЙСКОМ МОРЕ
НА 2026 ГОД**

(с оценкой воздействия на окружающую среду)

Часть 3. Беспозвоночные животные и водоросли

Том V. ИГЛОКОЖИЕ И ВОДОРΟΣЛИ

**Разработаны:
ФГБНУ «ВНИРО»**

Директор ФГБНУ «ВНИРО»

К.В. Колончин

2025 г.

**«УТВЕРЖДАЮ»
Федеральное агентство
по рыболовству**

Заместитель руководителя

В.И. Соколов

2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Иглокожие	3
Голотурии	3
Кукумария	3
61.04 – зона Южно-Курильская	3
61.05 – зона Охотское море	11
61.05.3 – подзона Восточно-Сахалинская	11
61.05.4 – подзона Камчатско-Курильская	21
61.06. – зона Японское море	30
61.06.1 – подзона Приморье	30
61.06.2 – подзона Западно-Сахалинская	42
Трепанг дальневосточный	52
61.04 – зона Южно-Курильская	52
61.05 – зона Охотское море	69
61.05.3 – подзона Восточно-Сахалинская	69
61.06. – зона Японское море	90
61.06.1 – подзона Приморье	90
Морские ежи	99
Морской еж серый	99
61.04 – зона Южно-Курильская	99
61.05 – зона Охотское море	119
61.05.3 – подзона Восточно-Сахалинская	119
61.06. – зона Японское море	148
61.06.1 – подзона Приморье	148
61.06.2 – подзона Западно-Сахалинская	161
Морской еж черный	180
61.06. – зона Японское море	180
61.06.1 – подзона Приморье	180
Водоросли	189
Бурые водоросли	189
Ламинарии	189
61.06. – зона Японское море	189
61.06.1 – подзона Приморье	189
Список литературы	200

ИГЛОКОЖИЕ

ГОЛОТУРИИ

Кукумария (виды рода *Cusumaria*)

61.04 – зона Южно-Курильская

Исполнитель: Г.В. Жуковская (СахНИРО)

Куратор: Д.А. Ботнев (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. Для подготовки прогноза по кукумарии японской Южных Курил были использованы данные, полученные в ходе комплексных траловых съемок на НИС «Дмитрий Песков», «Профессор Пробатов» и РК МРТ «Бухоро» в 2001, 2003-2005, 2007, 2010-2012, 2018 и 2020 гг. (46 станций) (рис. 1). Всего при выполнении научно-исследовательских работ по изучению запаса кукумарии японской Южных Курил было взято на биологический анализ и промерено 4 175 экз., из них в 2020 г. – 378 экз. Информация о величине промышленного освоения данной единицы запаса получена из базы ОСМ «Росрыболовство».

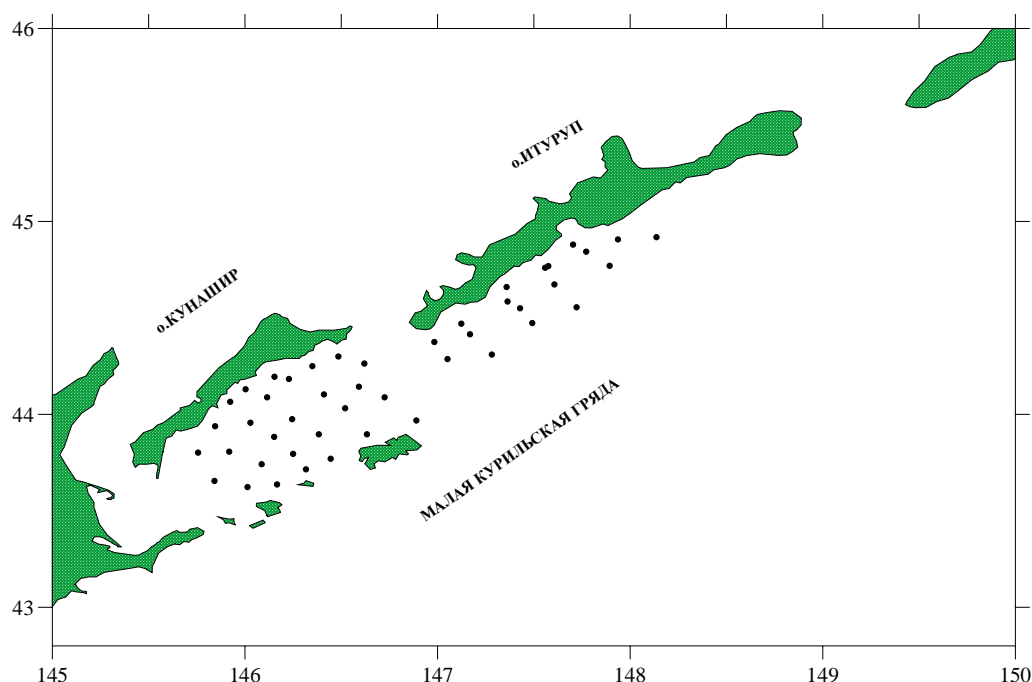


Рис. 1. Карта-схема комплексной траловой съемки на РК МРТ «Бухоро» в районе южных Курильских островов в 2020 г.

В целом, информационную обеспеченность прогноза можно признать удовлетворительной. Согласно Приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, по характеру имеющейся первичной информации прогноз ОДУ для кукумарии японской Южно-Курильской зоны можно отнести ко II уровню информационной обеспеченности.

Обоснование выбора методов оценки запаса. Проведение учетных траловых съемок позволяет оценить численность и запас кукумарии Южных Курил. По данным драгировочных съемок, с помощью метода геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Keckler, 1994; Wackernagel, 1995] был рассчитан запас традиционным методом страт (с выделением зон равновеликих уловов) [Аксютина, 1968]. Имеющиеся многолетние данные по величине биомассы, объему годового промышленного вылова и биологическому состоянию запаса позволяют производить оценку запасов с помощью продукционных моделей. По результатам исследований были определены промысловые ориентиры для формирования ПРП на основе «принципа предосторожности».

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Промысел кукумарии в районе Южных Курил был начат в 1976 г., до 1985 г. уловы были незначительными и составляли от 0 до 15% от рекомендуемого ОДУ (2 000 т). Столь малая реализация квоты объясняется низким рыночным спросом на кукумарию, а также наличием в Южно-Курильском районе более дорогостоящих объектов промысла.

В период с 1986 по 1993 гг. велся интенсивный промысел кукумарии, ежегодный вылов составлял от 2 000 до 4 500 т, при этом в отдельные годы доля освоения значительно превышала рекомендованный вылов (до 177%). В последующие годы запас кукумарии Южных Курил не осваивался и лишь в 2000 г., в связи с появлением рынка сбыта, как внутреннего, так и зарубежного, промысел возобновился. При этом увеличение объемов добычи в большей степени зависело от рыночного спроса. В последние годы уровень добычи стабилен и составляет около 1200-1700 т кукумарии в год, величина освоения – 80-100% (рис. 2). Среднегодовые уловы на усилие кукумарии в Южно-Курильской зоне приведены в таблице 1.

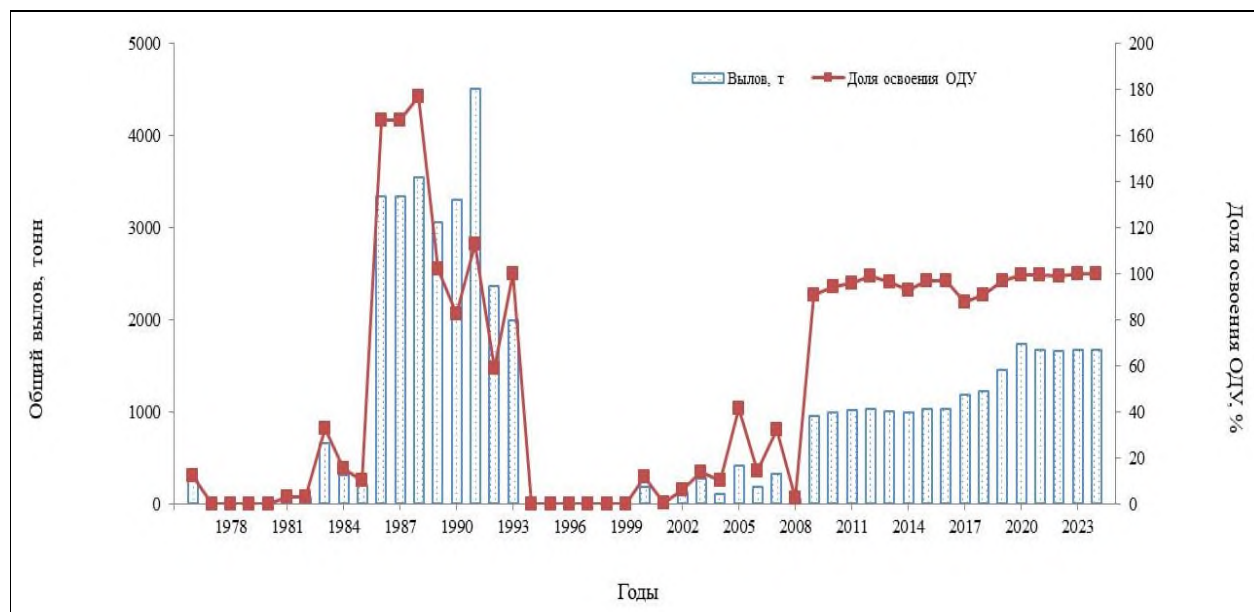


Рис. 2. Вылов и доля освоения ОДУ кукумарии японской в Южно-Курильской зоне (по данным 1976-2024 гг.).

Таблица 1

Годовой вылов и среднегодовые уловы на усилие кукумарии в Южно-Курильской зоне

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Вылов, т	1030	1031	1183	1222	1460	1744	1675	1663	1679	1679
Улов на усилие, т/траление	1,6	1,7	1,2	1,0	0,7	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Основной промысел кукумарии сосредоточен в районе Малой Курильской гряды, а также в Южно-Курильском проливе (рис. 3). Суточный вылов на одно судно в этих районах составляет от 0,5 до 18 т. В прибрежных водах о. Кунашир промысел не столь интенсивен.

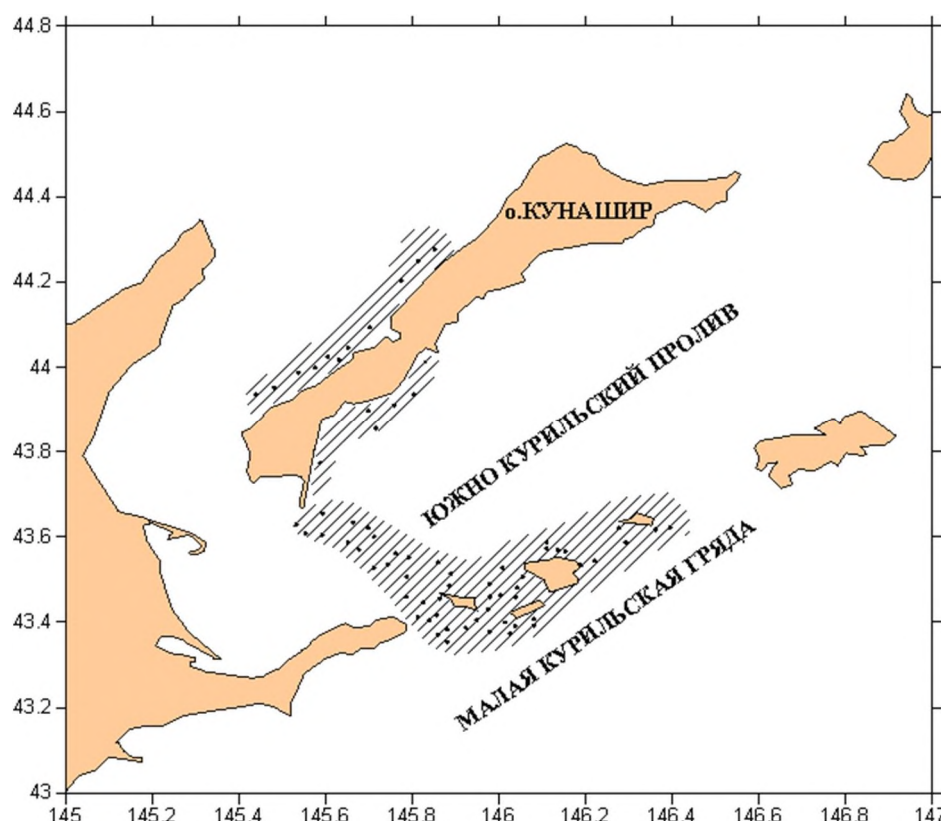


Рис. 3. Карта-схема района промысла кукумарии японской в районе южных Курильских островов.

По данным НИР были выявлены основные районы скопления кукумарии японской: это район островов Малой Курильской гряды и прибрежная зона о. Кунашир, на глубинах от 17 до 140 м.

Биомасса, оцененная по результатам комплексных донных траловых съемок, сильно варьировала. В отдельные годы наибольшие значения плотности распределения кукумарии составляли от 134 кг до 36 т на км² (рис. 4). Данную особенность можно объяснить тем, что скопления кукумарии приурочены к каменистым, имеющим относительно сложный рельеф, грунтам. Траления на грунтах подобного типа стараются исключить, поскольку есть опасность повреждения орудия лова. Это и определяет значительное варьирование численности голотурий в уловах год от года. Поэтому для оценки запаса были использованы наиболее результативные

данные, полученные в последние годы. Так, максимальная промысловая биомасса, по результатам комплексных траловых съемок, при коэффициенте уловистости трала для японской кукумарии – 0,7, составила 14 495,2 т на площади 9 268,1 км².

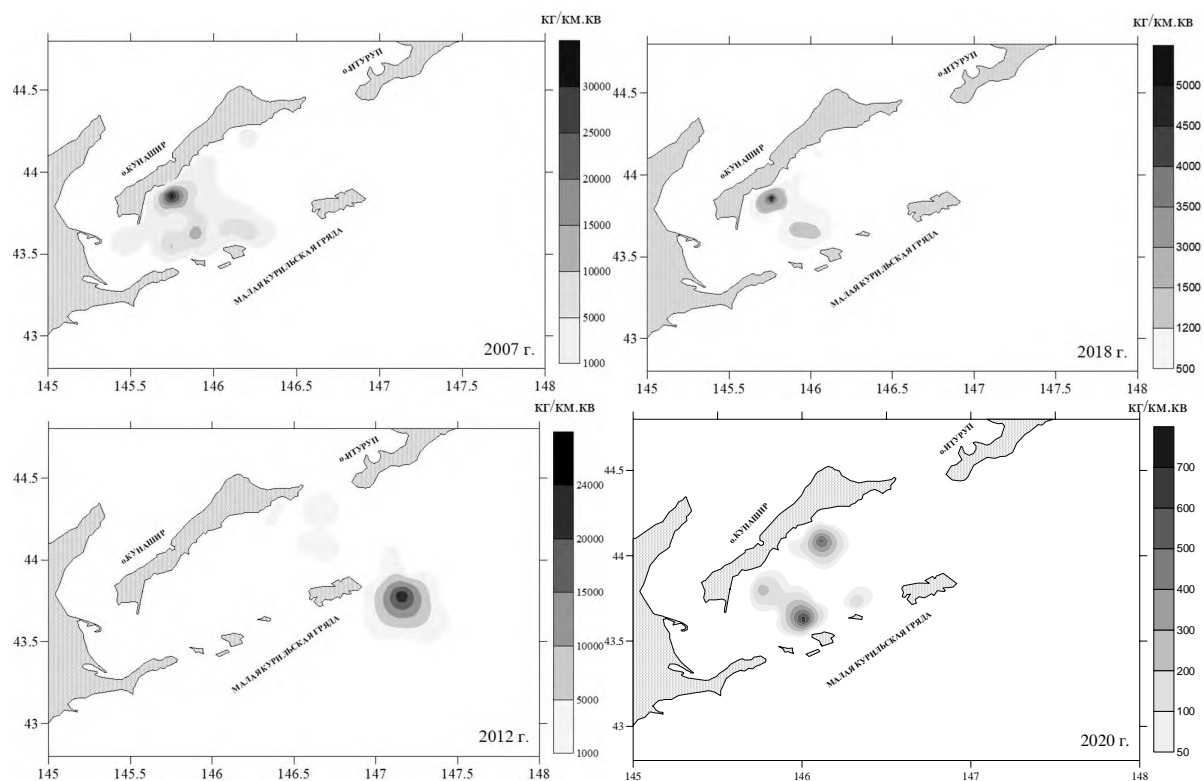


Рис. 4. Распределение промысловых особей кукумарии японской в районе Южных Курильских островов

Анализ данных по весовому составу уловов кукумарии показал, что средний вес КММ (кожно-мускульного мешка) кукумарии изменялся от 101,9 г в 2020 г. до 212,2 г в 2001 г. В 2003 г. – от 17 до 338 г, в 2004 г. – от 8 до 330 г, в 2005 г. – от 3 до 420 г, в 2007 г. – от 12 до 348 г, в 2010 г. – от 6 до 504 г, в 2011 г. – от 16 до 378 г, в 2018 г. – от 3 до 231 г, в 2020 г. – 9 до 194 г (рис. 5).

Согласно действующим Правилам рыболовства, при осуществлении промышленного и прибрежного промысла кукумарии японской разрешено добывать особи с массой КММ не менее 150 г. Таким образом, минимальная доля особей, разрешенных к промыслу, отмечалась в 2004, 2018 и 2020 гг. и составляла менее 50% от суммарного улова. Максимальная доля промысловых особей отмечалась в 2003, 2005, 2007, 2010-2011 гг. – более 50% от улова.

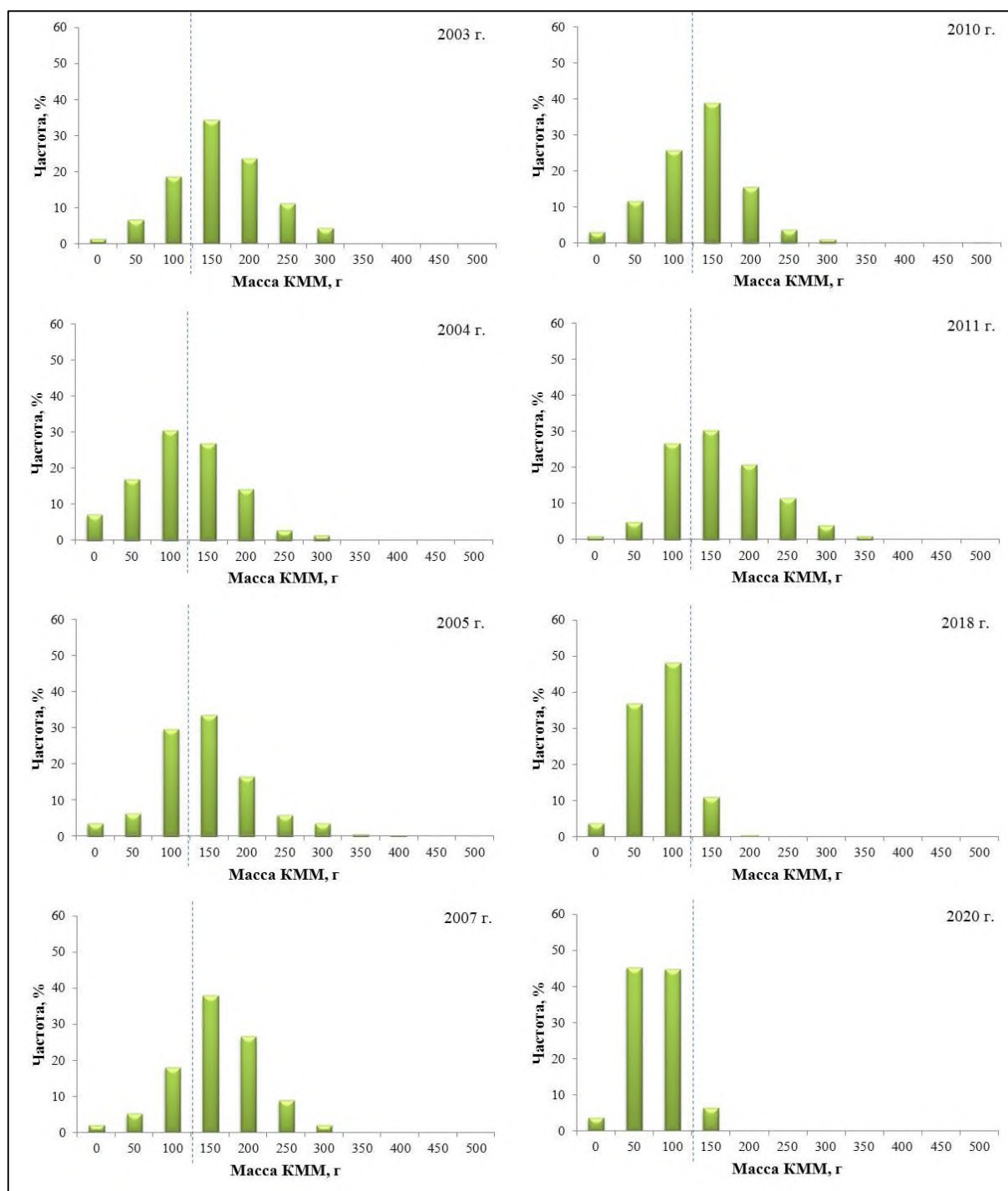


Рис. 5. Частотное распределение массы КММ кукумарии японской в районе южных Курильских островов.

Определение биологических ориентиров. Целевые и граничные ориентиры управления промыслом кукумарии японской Южных Курил были найдены с помощью динамической продукционной модели Шефера [Schaefer, 1954]. Граничным ориентиром по биомассе B_{lim} служила величина, равная 20% от величины биомассы, соответствующей максимально возможной численности популяции кукумарии Южных Курил $K \cdot 20\% = 22173 \cdot 20\% = 4435$ т, где K – промысловая емкость среды.

Буферный ориентир по биомассе $B_{buf} = 1,2 \cdot B_{lim} = 5322$ т. Граничный ориентир по интенсивности промысла F_0 определялся, исходя из объемов

изъятия, необходимых для проведения НИР. В качестве целевого ориентира по интенсивности промысла F_{tr} выбрали математическое ожидание оценки максимального устойчивого вылова $(MSY/B_{MSY})=0,15$, где MSY – максимально устойчивый вылов, B_{MSY} – биомасса запаса, соответствующая максимальному устойчивому вылову.

MSY оценивали по формуле $MSY=r*K/4=0,3*22173/4=1663$ т, где K – промысловая емкость среды, r – коэффициент мгновенного популяционного роста. В качестве целевого ориентира по биомассе выбирали математическое ожидание биомассы, соответствующей B_{tr} (B_{MSY})= $K/2=22173/2=11087$ т.

Граничный целевой ориентир по интенсивности промысла F_{lim} определен как $=F_{tr}*\text{порог превышения } MSY=0,15*2=0,30$.

Обоснование правила регулирования промысла. Для осуществления оптимальной эксплуатации запаса, основываясь на принципах «предосторожного подхода», применяются следующие режимы регулирования промысла кукумарии японской Южных Курил:

I – режим научного лова $0 < B_i \leq B_{lim}$. Если прогнозируемая величина запаса меньше или равна B_{lim} , то изъятие возможно только с целью проведения НИР. Величина рекомендуемого изъятия F_i постоянна и соответствует величине изъятия, необходимого для НИР $F_i = F_0 = \text{const}$.

II – режим восстановления запаса $B_{lim} < B_i < B_{tr}$. Если прогнозируемая величина запаса больше B_{lim} , но меньше B_{tr} , то величина изъятия устанавливается в соответствии с величиной запаса

$$F_i = \frac{(F_{tr}-F_0)(B_i-B_{lim})}{B_{tr}-B_{lim}} + F_0 \text{ [Бабаян, 2000]}.$$

III – постоянной интенсивности промысла $B_i > B_{tr}$. Если прогнозируемая величина запаса больше B_{tr} , то величина изъятия постоянна $F_i = \text{const} = F_{tr}$. При этом, рекомендуемый уровень изъятия не превышает 14%. Графическое представление ПРП для запаса кукумарии японской Южных Курил показано на рисунке 6.

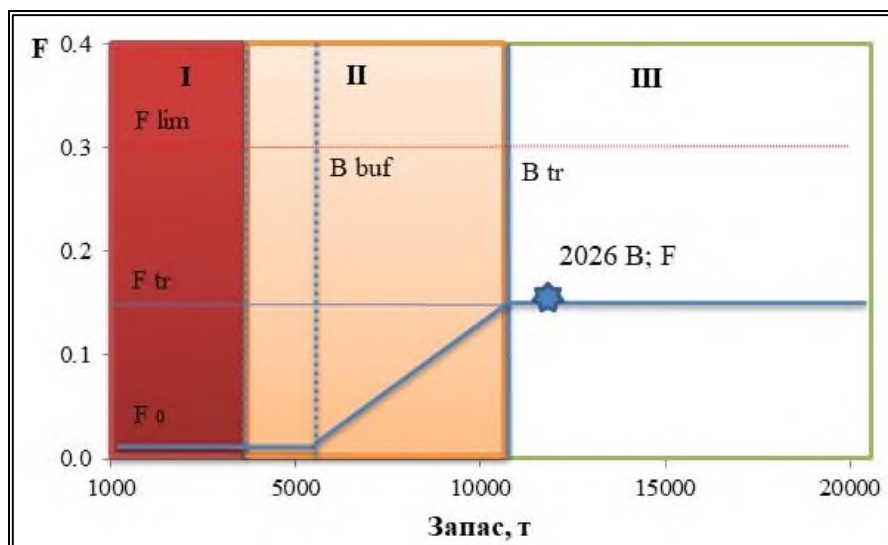


Рис. 6. Графическое представление ПРП для кукумарии японской Южных Курил в 2026 г. (I – режим научного лова; II – режим восстановления запаса; III – постоянной интенсивности промысла).

Прогнозирование состояние запаса. Расчет запаса кукумарии японской Южных Курил в 2026 г. был выполнен с помощью продукционной модели Шефера [Schaefer, 1954], основанной на изменении производительности промысла как показателя состояния всей популяции. Дискретная форма записи модели имеет вид:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t(1 - \frac{B_t}{K}) - C_t,$$

где B_t – численность в году t , C_t – вылов в году t , K – промысловая емкость среды, r – коэффициент мгновенного популяционного роста.

Ненаблюдаемая переменная B_t была выражена через наблюдаемый показатель относительной численности (I_t), рассчитанный по результатам оценки биомассы и численности. Для этого использовалась формула:

$$I_t = qB_t e^{\varepsilon},$$

где q – коэффициент улавливаемости, ε – остаточная погрешность, имеющая логнормальное распределение [Haddon, 2001].

Для настройки всего моделируемого процесса были заданы априорные распределения для параметров q , r , K и B_0 . Для исключения некорректной оценки параметров были заданы пределы значения на основе наблюдаемых данных, в пределах которых происходил поиск оптимального решения. Затем, используя формулу Байеса и данные наблюдений, рассчитывается целевое или общее апостериорное распределение, статистические показатели которого являются искомыми оценками параметров модели (максимально возможная биомасса популяции $K=22173$; коэффициент мгновенного роста $r=0,3$; коэффициент улавливаемости $q=0,9$; начальное значение биомассы $B_0=15000$). По результатам моделирования, прогноз промыслового запаса кукумарии японской Южных Курил в 2026 г. находится в диапазоне 10600-15900 т, при математическом ожидании – 13250 т (рис. 7).

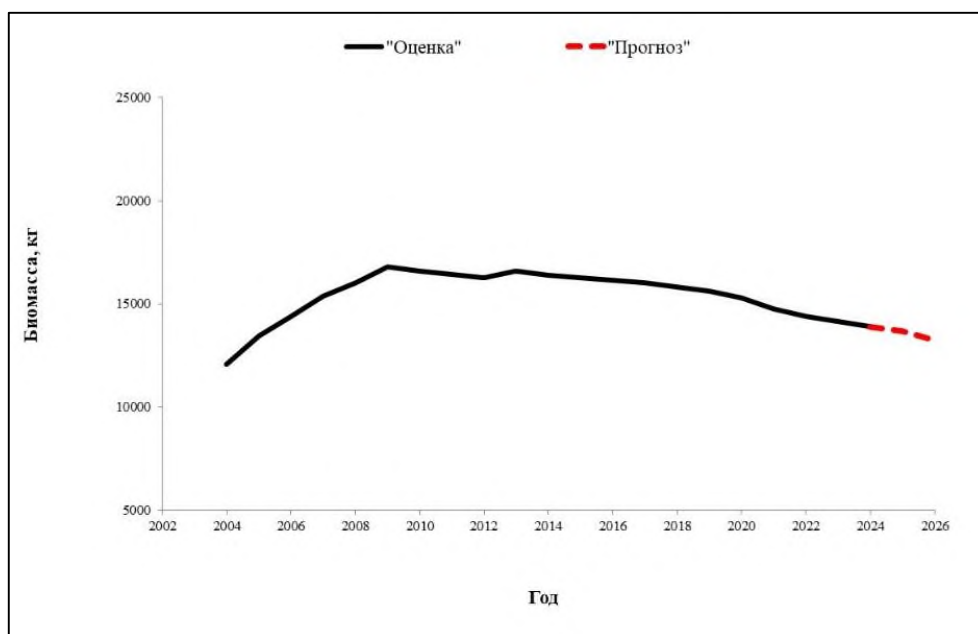


Рис. 7. Математическое ожидание биомассы кукумарии японской Южных Курил в 2004-2024 гг. и прогноз на 2025-2026 гг.

Обоснование объема ОДУ. Результаты анализа биологического состояния запаса, динамики уловов на усилие свидетельствуют об относительно стабильном состоянии запаса кукумарии японской в районе южных Курильских островов.

Прогнозируемая величина запаса кукумарии японской Южных Курил на 2026 г. больше значения B_{tr} , в рамках разработанного ПРП необходимо вести промысел кукумарии в режиме постоянной интенсивности.

Поскольку прогнозируемая величина биомассы близка к биомассе запаса, полученной по результатам донных траловых съемок, необходимо сохранить величину запаса кукумарии Южных Курил на уровне прошлых лет, что составляет порядка 12000 т. F_{tr} для данного района определяется на уровне 0,15. При данном уровне коэффициента мгновенной промысловой смертности, доля изъятия составит 14%. Величина ОДУ кукумарии японской Южных Курил в 2026 году может составить 1680 т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ кукумарии в Южно-Курильской зоне на 2026 г. в объеме 1,680 тыс. т.**

Кукумария (виды рода *Cusumaria*)

61.05 – зона Охотское море

61.05.3 – подзона Восточно-Сахалинская

Исполнитель: Г.В. Жуковская (СахНИРО)

Куратор: Д.А. Ботнев (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. Для подготовки прогноза по кукумарии японской Восточного Сахалина были использованы данные, полученные в ходе комплексных траловых съемок на НИС «Дмитрий Песков» и «Профессор Пробатов»: в 1-м районе (зал. Терпения) в 2000, 2002, 2004, 2007, 2010-2012, 2015, 2019 и 2020 гг.; во 2-м районе (зал. Анива) в 2000-2002, 2004, 2010-2011, 2013, 2019 и 2021 гг. (рис. 1), а также материал, собранный в ходе промышленного лова кукумарии. Всего при выполнении научно-исследовательских работ по изучению запаса кукумарии японской восточного Сахалина было промерено и взято на биологический анализ в 2024 г. 4064 экз.; за весь период исследований – 47780 экз. (12 887 экз. в зал. Терпения и 34 893 экз. в зал. Анива). Информация о величине промышленного освоения данной единицы запаса получена из базы ОСМ «Росрыболовство».

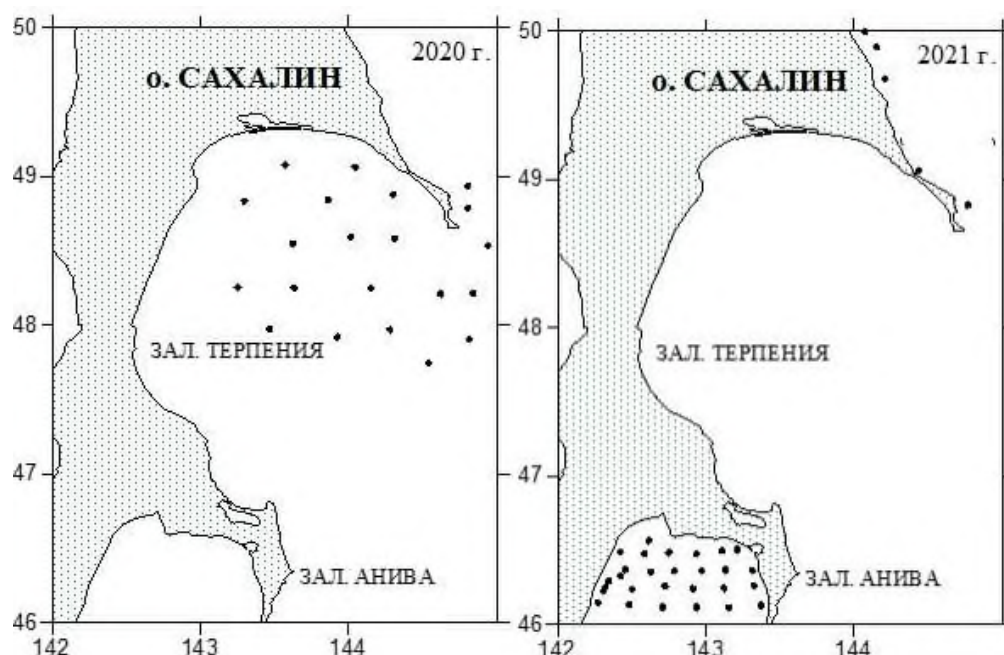


Рис. 1. Карта-схема комплексной траловой съемки на НИС «Дмитрий Песков» в районе восточного Сахалина в 2020 и 2021 гг.

В целом, информационную обеспеченность прогноза можно признать удовлетворительной. Согласно Приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, по характеру имеющейся первичной информации прогноз ОДУ для кукумарии Восточно-Сахалинской подзоны можно отнести ко II-му уровню информационной обеспеченности.

Обоснование выбора методов оценки запаса. Проведение учетных траловых съемок позволяет оценить численность и биомассу запаса кукумарии Восточного Сахалина. По данным драгировочных съемок, с помощью метода геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Keckler, 1994; Wackernagel, 1995] был рассчитан запас традиционным методом страт (с выделением зон равновеликих уловов) [Аксютин, 1968]. Имеющиеся многолетние данные по величине биомассы, объему годового промышленного вылова и биологическому состоянию запаса позволяют производить оценку запасов с помощью продукционных моделей. По результатам исследований были определены промысловые ориентиры для формирования ПРП на основе «принципа предосторожности» [Бабаян, 2000].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Промысел кукумарии японской в водах восточного Сахалина начался в 1976 г. В последующие десятилетия промысел имел эпизодический характер, при этом, уловы были незначительными. С 1986 г., параллельно с увеличением промысла на южных Курилах, активизировался промысел и в зал. Терпения, что в первую очередь объясняется появлением рынков сбыта. Ежегодный вылов в этот период составлял от 204 до 1818 т. В 1993-2002 гг., в связи со снижением спроса и отсутствием рынков сбыта, промысел кукумарии не велся. Он возобновился лишь в 2003 г. и велся уже не только в акватории зал. Терпения, но и в зал. Анива. В последующие годы, в связи с появлением рынка сбыта, как внутреннего, так и зарубежного, освоение квоты резко увеличилось, ежегодный вылов составлял порядка 1500-3000 т, при этом в последние годы увеличивается объем добычи в зал. Анива (рис. 2). Поскольку разрешение на промысел выдается в целом на всю Восточно-Сахалинскую подзону, в отдельные годы отмечалось переосвоение объемов ОДУ, рекомендованных для добычи в зал. Анива, что привело к сокращению численности кукумарии в данном районе.

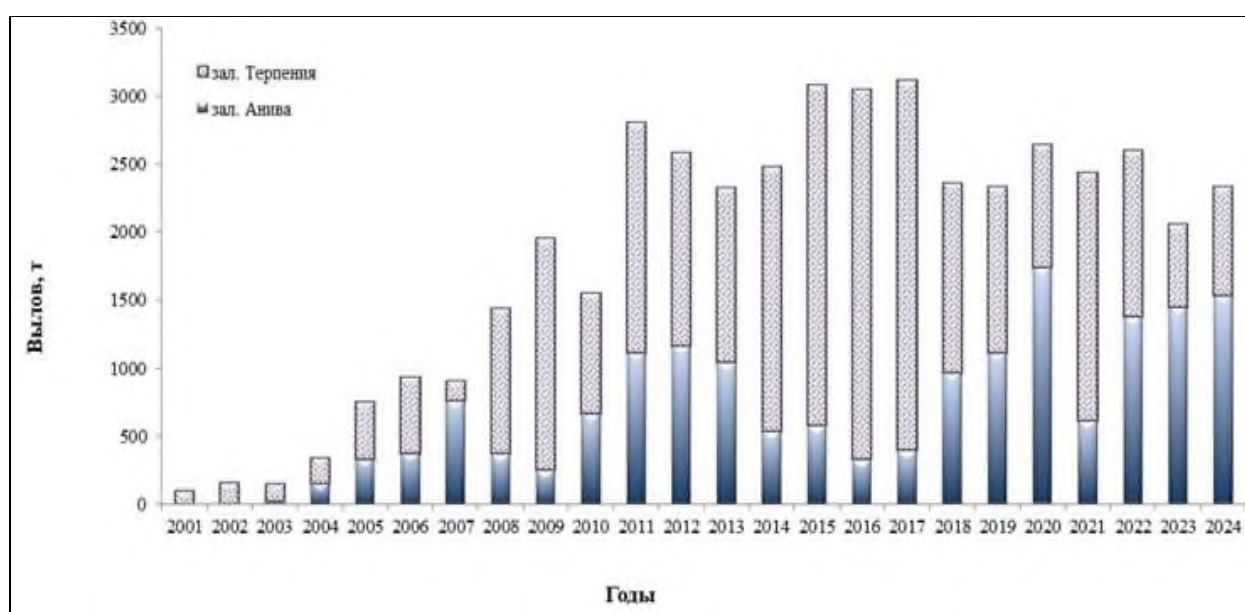


Рис. 2. Вылов кукумарии японской у Восточного Сахалина (по данным 2001-2024 гг.).

Промысел кукумарии в зал. Терпения сосредоточен в двух районах – это северо-западная и северо-восточная части залива (рис. 3). Суточный вылов на одно судно в этих районах составляет от 0,1 до 15 т. Основной промысел в зал. Анива ведется в северо-западной части залива. Суточный вылов на одно судно составляет от 0,8 до 7 т, в остальной части залива промысел не столь интенсивен. Среднегодовые уловы на усилие кукумарии в зал. Анива и зал. Терпения приведены в *таблице 1*. Всего в 2024 г. в зал. Терпения было освоено 787 т кукумарии, в зал. Анива – 1542 т, суммарно в Восточно-Сахалинской подзоне было добыто 2329 т, что составляет 79% от годового ОДУ, промысловые показатели были выше среднемноголетних, но частые шторма не позволили освоить выделенные лимиты в полном объеме.

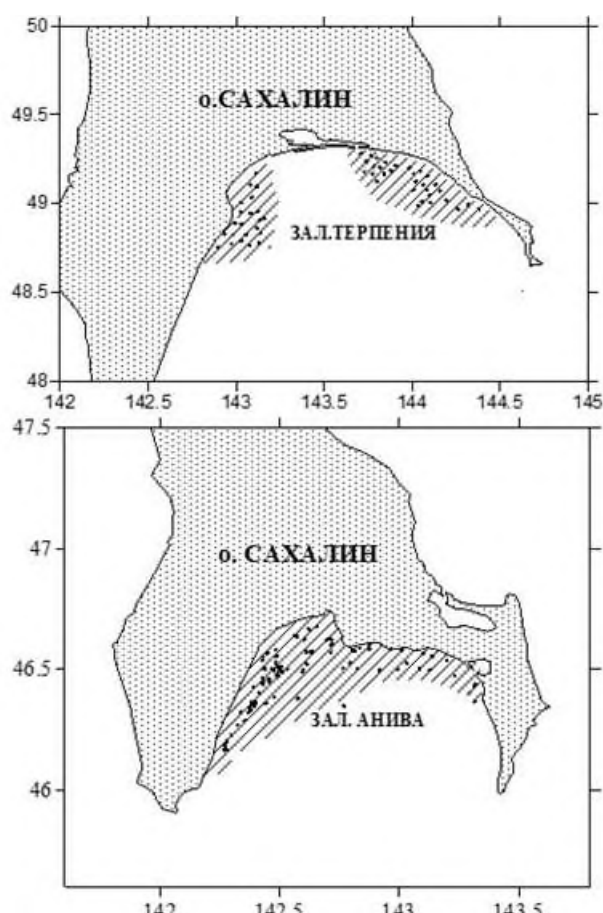


Рис. 3. Карта-схема района промысла кукумарии японской у Восточного Сахалина (зал. Терпения и зал. Анива).

Таблица 1

Годовой вылов и среднегодовые уловы на усилие кукумарии японской
в Восточно-Сахалинской подзоне

Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
зал. Анива											
Вылов, т	539	580	331	400	972	1115	1748	616	1384	1456	1542
Улов на усилие, т	0,6	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6	0,7	0,9	0,9
зал. Терпения											
Вылов, т	1943	2500	2713	2712	1390	1218	896	1817	2598	601	787
Улов на усилие, т	1,8	2,1	2,1	2,3	2,2	2,0	0,9	1,0	1,9	2,6	3,3

По данным НИР, были выявлены основные районы скопления кукумарии: в зал. Терпения они располагаются в северо-восточной части залива на галечно-каменистых грунтах, в диапазоне глубин 10–35 м, в зал. Анива – в прибрежной зоне западной и юго-восточной его части, на глубинах до 30 м. Биомасса, оцененная по результатам комплексных донных траловых съемок, сильно варьировалась. В отдельные годы наибольшие значения плотности распределения запаса кукумарии составляли в зал. Терпения – от 2 кг до 70 т на км², в зал. Анива – от 1 кг до 4,7 т на км² (рис. 4). Данные особенности можно объяснить тем, что скопления кукумарии приурочены к каменистым, имеющим относительно сложный рельеф, грунтам. Траления на грунтах подобного типа стараются исключить, поскольку есть опасность повреждения орудия лова. Это и определяет значительное варьирование численности голотурий в уловах год от года. Поэтому для оценки промысловой части запаса были использованы наиболее результативные данные, полученные в последние годы. Так, максимальная промысловая биомасса по результатам комплексных траловых съемок, при коэффициенте уловистости трала для японской кукумарии 0,7, составила в зал. Терпения 25592,6 т на площади 10232,3 км²; а в зал. Анива – 1176,4 т на площади 8075,9 км².

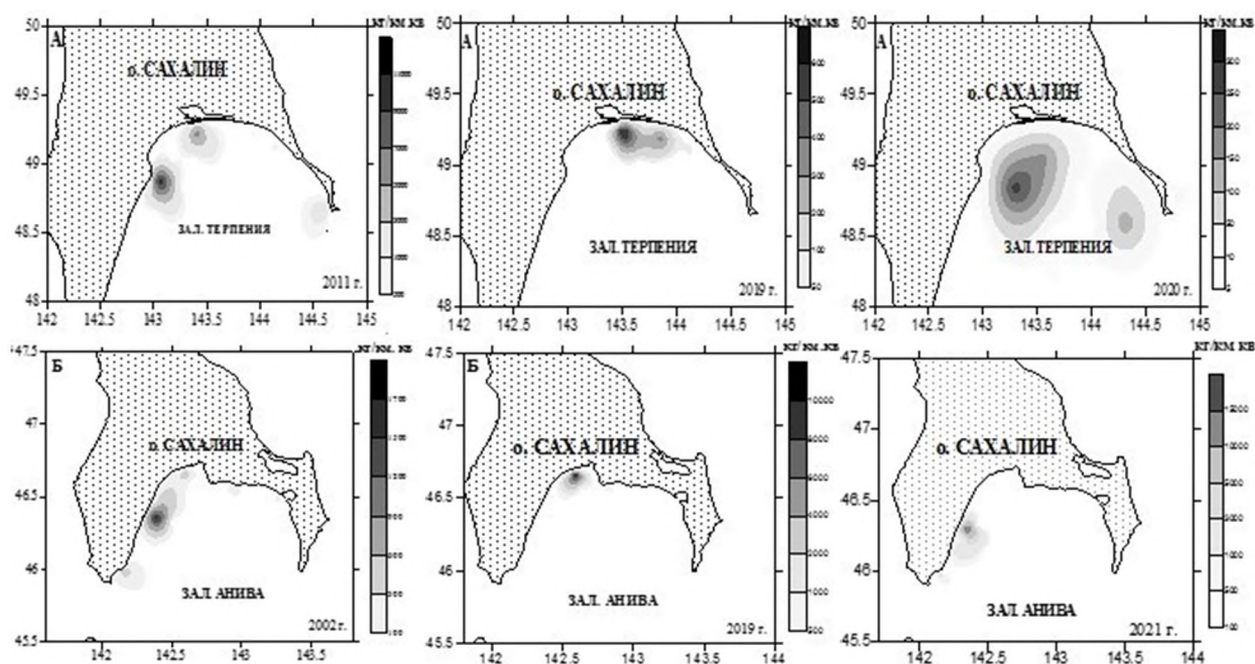


Рис. 4. Распределение промысловых особей кукумарии японской у восточного Сахалина (А – зал. Терпения, Б – зал. Анива).

Анализ данных по весовому составу уловов кукумарии в зал. Терпения показал, что средний вес КММ (кожно-мускульного мешка) кукумарии изменялся от 124,6 г в 2017 г. до 184,3 г в 2022 г. В 2012 г. – от 12 до 500 г, в 2015 г. – от 96 до 214 г, в 2017 г. – от 4 до 315 г, в 2018 г. – от 28 до 286 г, в 2019 г. – от 67 до 337 г, в 2020 г. – от 70 до 560 г, в 2021 г. – от 66 до 384 г, в 2022 г. – от 41 до 429 г, в 2023 г. – от 42 до 359 г, в 2024 г. – от 44 до 340 г (рис. 5).

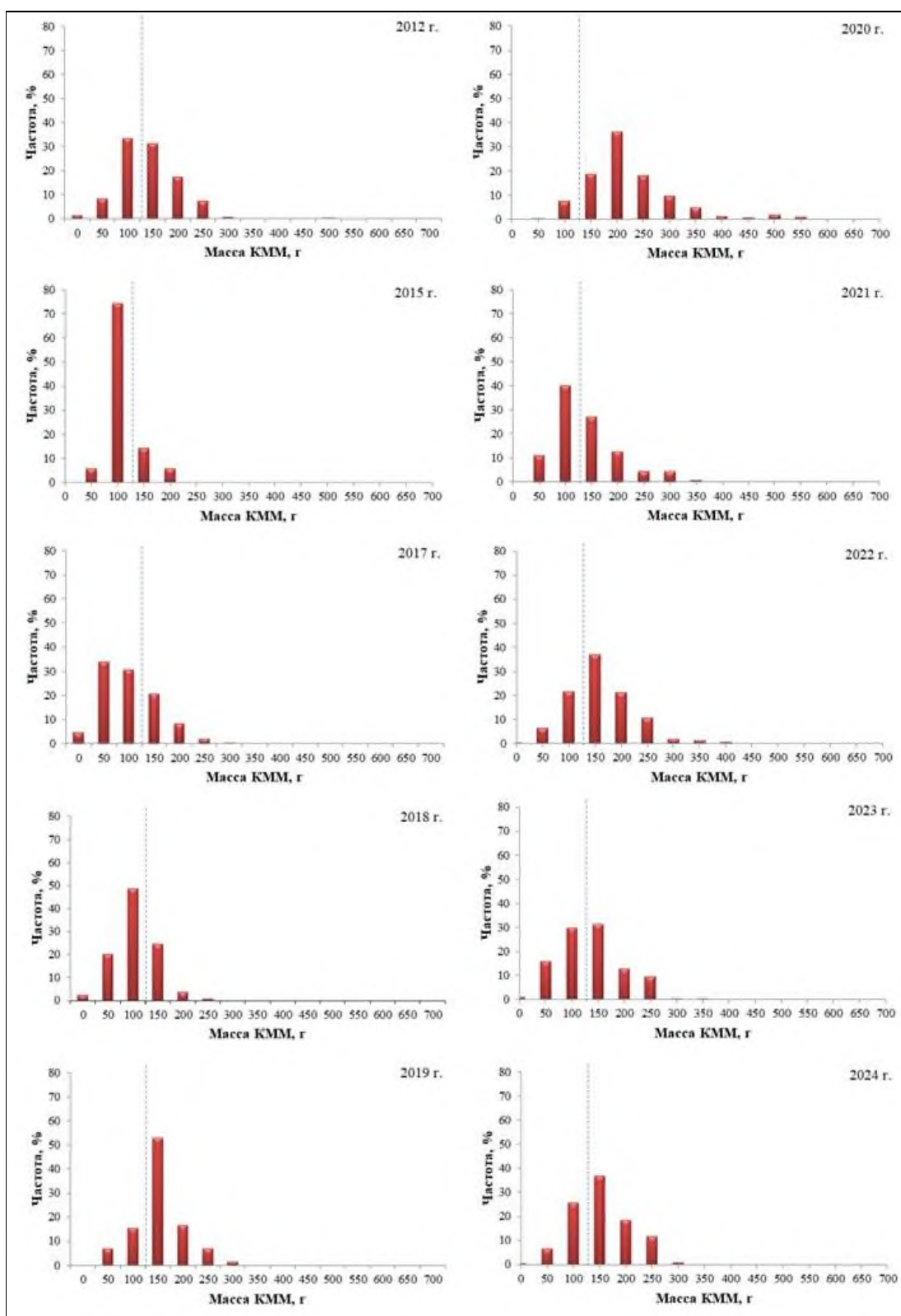


Рис. 5. Частотное распределение массы КММ кукумарии японской в зал. Терпения (2012, 2015, 2019 гг. – по данным донных траловых съемок; 2011, 2017, 2018, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг. – наблюдения на промысле)

Согласно действующим Правилам рыболовства, при осуществлении промышленного и прибрежного промысла кукумарии японской разрешено добывать особи с массой КММ не менее 150 г. Таким образом, в зал. Терпения минимальная доля особей кукумарии японской, разрешенных к

промыслу, отмечалась в 2011-2015, 2017, 2018, 2021 и 2023 гг. и составляла от 20 до 60% от суммарного улова. Максимальная доля промысловых особей отмечалась в 2002, 2004, 2010, 2019-2020, 2022 гг. – более 65% от улова.

Изменение средних масс КММ кукумарии японской в зал. Анива с 2011 по 2024 гг. показывает картину изменения состояния запаса кукумарии под воздействием промысла. В период с 2011 по 2024 гг. доля промысловых особей составляла от 52 до 94% (рис. 6). Масса КММ особей колебалась от 8 до 707 г.

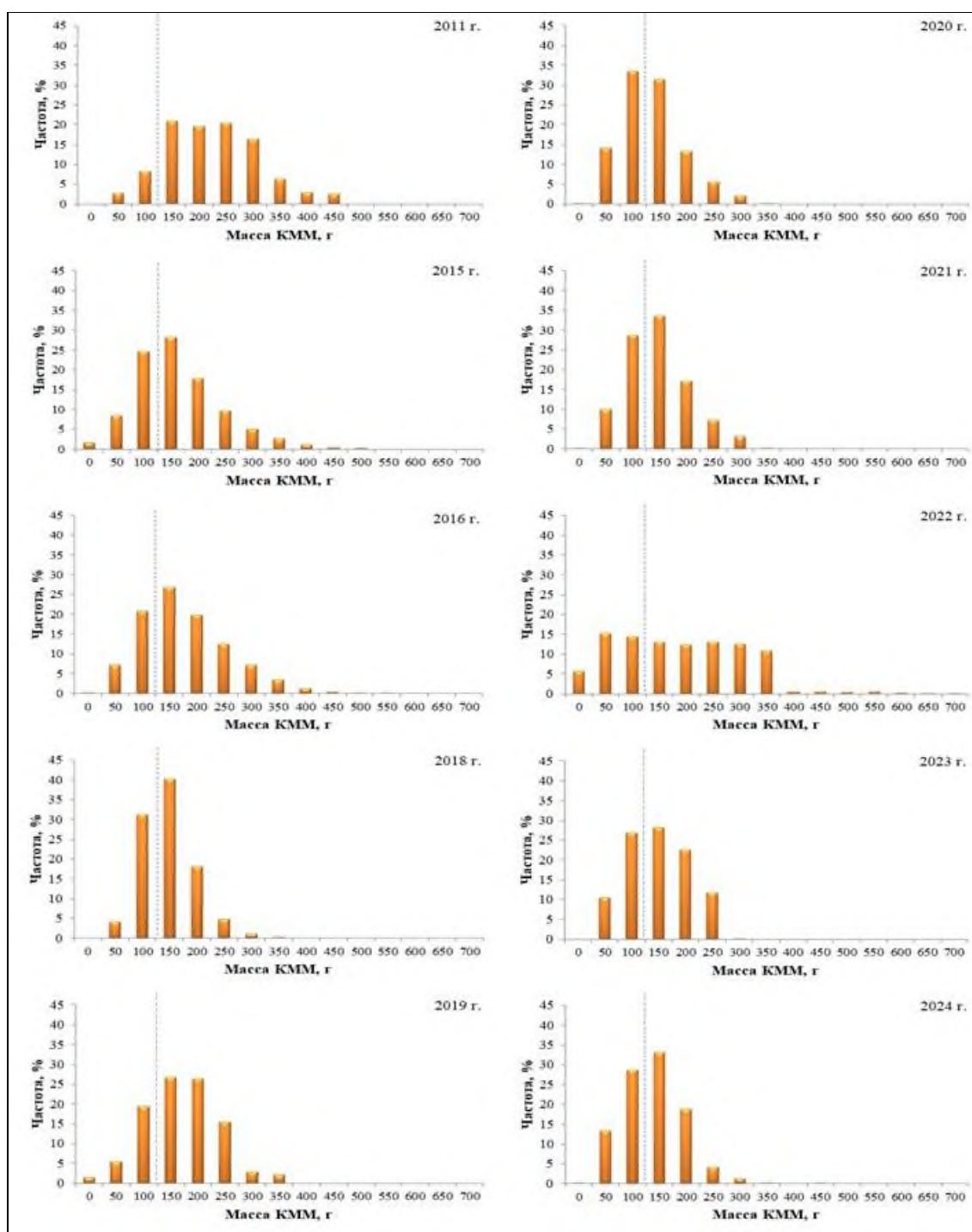


Рис. 6. Частотное распределение массы КММ кукумарии японской в зал. Анива (2019 г. – по данным донной траловой съемки; 2011, 2015, 2016, 2018, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг. – наблюдения на промысле).

В 2021 г. отмечалось увеличение доли промысловых особей до 61%. В уловах встречались особи с массой КММ от 9 до 396 г, при средней массе - 171, 2 г. В 2022 г. доля промысловых особей в уловах составила 65%. Масса КММ варьировала от 8 до 707 г, при среднем значении – 214 г. В 2023 г. в уловах отмечались особи с массой КММ от 66 до 340 г, при среднем значении – 173 г. Доля промысловых особей составила 63%. По данным промысла 2024 г., в уловах отмечались особи с массой КММ от 17 до 493 г, при среднем значении – 163 г, доля промысловых особей составила 58%.

Определение биологических ориентиров. В Восточно-Сахалинской подзоне располагаются два района, в которых возможен промышленный лов кукумари: 1-й участок – зал. Терпения, 2-й участок – зал. Анива, поэтому ориентиры управления определялись по каждому району. Целевые и граничные ориентиры управления промыслом кукумари японской восточного Сахалина были найдены с помощью динамической продукционной модели Шефера [Schaefer, 1954].

Граничным ориентиром по биомассе B_{lim} служила величина, равная 20% от величины биомассы, соответствующей промысловой емкости среды запасов кукумари японской восточного Сахалина, и она составила:

для зал. Терпения $= K * 20\% = 37000 * 20\% = 7400$ т;

для зал. Анива $= K * 20\% = 9000 * 20\% = 1800$ т, где: К – промысловая емкость среды.

Буферный ориентир по биомассе $B_{buf} = 1,2 * B_{lim} = 8880$ т для зал. Терпения, для зал. Анива – 2160 т. Граничный ориентир по интенсивности промысла F_0 определялся исходя из объемов изъятия, необходимых для проведения НИР.

В качестве целевого ориентира по интенсивности промысла F_{tr} выбрано математическое ожидание оценки максимального устойчивого вылова (MSY/B_{MSY}) для зал. Терпения – 0,13, для зал. Анива – 0,16, где: MSY – максимально устойчивый вылов, B_{MSY} – биомасса запаса, соответствующая максимальному устойчивому вылову. При данном уровне мгновенного коэффициента промысловой смертности F_{tr} , доля изъятия составит для зал. Терпения – 12%, для зал. Анива – 15%.

MSY оценивали по формуле $MSY = r * K / 4$, где К – промысловая емкость среды, r – коэффициент мгновенного популяционного роста.

MSY для зал. Терпения $= 0,25 * 37000 / 4 = 2313$ т, для зал. Анива $= 0,32 * 9000 / 4 = 720$ т.

В качестве целевого ориентира по биомассе выбирали математическое ожидание биомассы, соответствующей $B_t = K / 2$, для зал. Терпения $B_t = K / 2 = 37000 / 2 = 18500$ т, для зал. Анива $B_t = K / 2 = 9000 / 2 = 4500$ т.

Граничный целевой ориентир по интенсивности промысла F_{lim} определен как $= F_{tr} * \text{порог превышения } MSY$ для зал. Терпения $0,13 * 2 = 0,26$, для зал. Анива $0,16 * 2 = 0,32$.

Обоснование правила регулирования промысла. Для осуществления оптимальной эксплуатации запаса, основываясь на принципах

«предосторожного подхода», применяются следующие режимы регулирования промысла кукумарии японской восточного Сахалина:

I – режим научного лова $0 < B_i \leq B_{lim}$. Если прогнозируемая величина запаса меньше или равна B_{lim} , то изъятие возможно только с целью проведения НИР. Величина рекомендуемого изъятия F_i постоянна и соответствует величине изъятия, необходимого для НИР $F_i = F_0 = \text{const}$;

II – режим восстановления запаса $B_{lim} < B_i < B_{tr}$. Если прогнозируемая величина запаса больше B_{lim} , но меньше B_{tr} , то величина изъятия устанавливается в соответствии с величиной запаса

$$F_i = \frac{(F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim})}{B_{tr} - B_{lim}} + F_0 \text{ [Бабаян, 2000];}$$

III – режим постоянной интенсивности промысла $B_i > B_{tr}$. Если прогнозируемая величина запаса больше B_{tr} , то величина изъятия постоянна $F_i = \text{const} = F_{tr}$. Графическое представление ПРП для запаса кукумарии японской восточного Сахалина показано на рисунке 7.

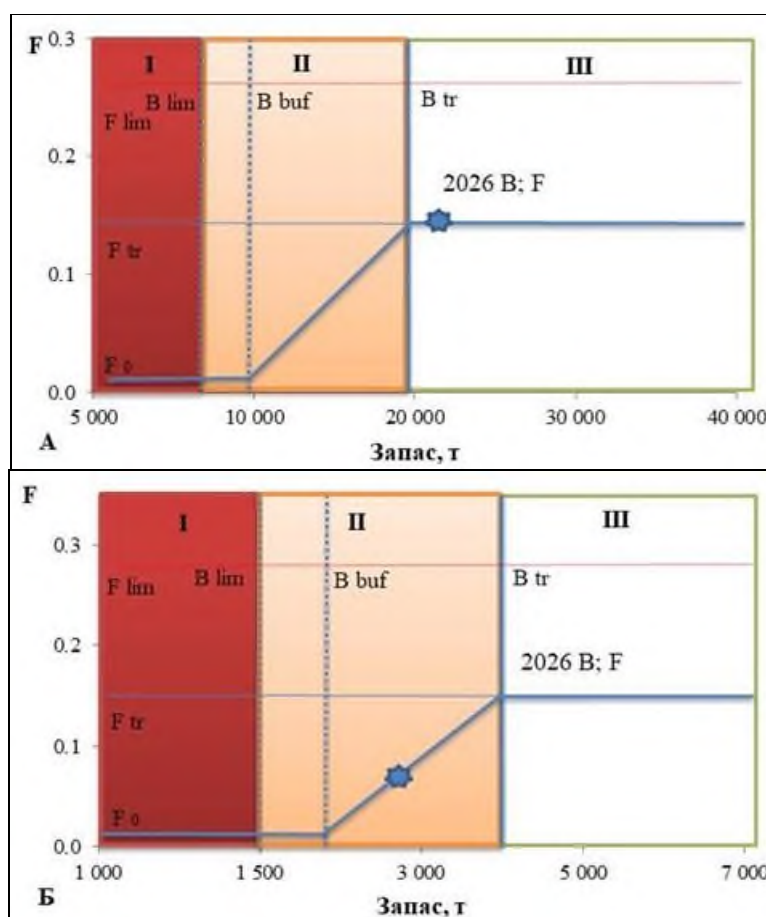


Рис. 7. Графическое представление ПРП для кукумарии японской у восточного Сахалина в 2026 г. (А 1-й район – зал. Терпения, Б 2-й район – зал. Анива). I – режим научного лова; II – режим восстановления запаса; III – постоянной интенсивности промысла.

Прогнозирование состояния запаса в 2026 г. Расчет запаса кукумарии японской восточного Сахалина был выполнен с помощью продукционной модели Шефера [Schaefer, 1954] по каждому из районов, основанной на изменении производительности промысла как показателя состояния всей популяции. Дискретная форма записи модели имеет вид:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t(1 - \frac{B_t}{K}) - C_t$$

где: B_t – численность в году t , C_t – вылов в году t , K – промысловая емкость среды, r – коэффициент мгновенного популяционного роста.

Ненаблюдаемая переменная B_t была выражена через наблюдаемый показатель относительной численности (I_t), рассчитанный по результатам оценки биомассы и численности. Для этого воспользовались формулой:

$$I_t = qB_t e^{\varepsilon}$$

где: q – коэффициент улавливаемости, ε – остаточная погрешность, имеющая логнормальное распределение [Haddon, 2001].

Для настройки всего моделируемого процесса были заданы априорные распределения для параметров q , r , K , B_0 . Затем, используя формулу Байеса и данные наблюдений, рассчитывается целевое или общее апостериорное распределение, статистические показатели которого являются искомыми оценками параметров модели для зал. Терпения ($K=37000$; $r=0,25$; $q=0,85$) и зал. Анива ($K=9000$; $r=0,32$; $q=0,8$).

По результатам моделирования, прогноз промыслового запаса кукумарии японской у восточного Сахалина на 2026 г. находится в диапазоне для 1-го района – 20279-30418 т, при математическом ожидании 25348 т, для 2-го района – 2134-3201 т, при математическом ожидании 2667 т (рис. 8).

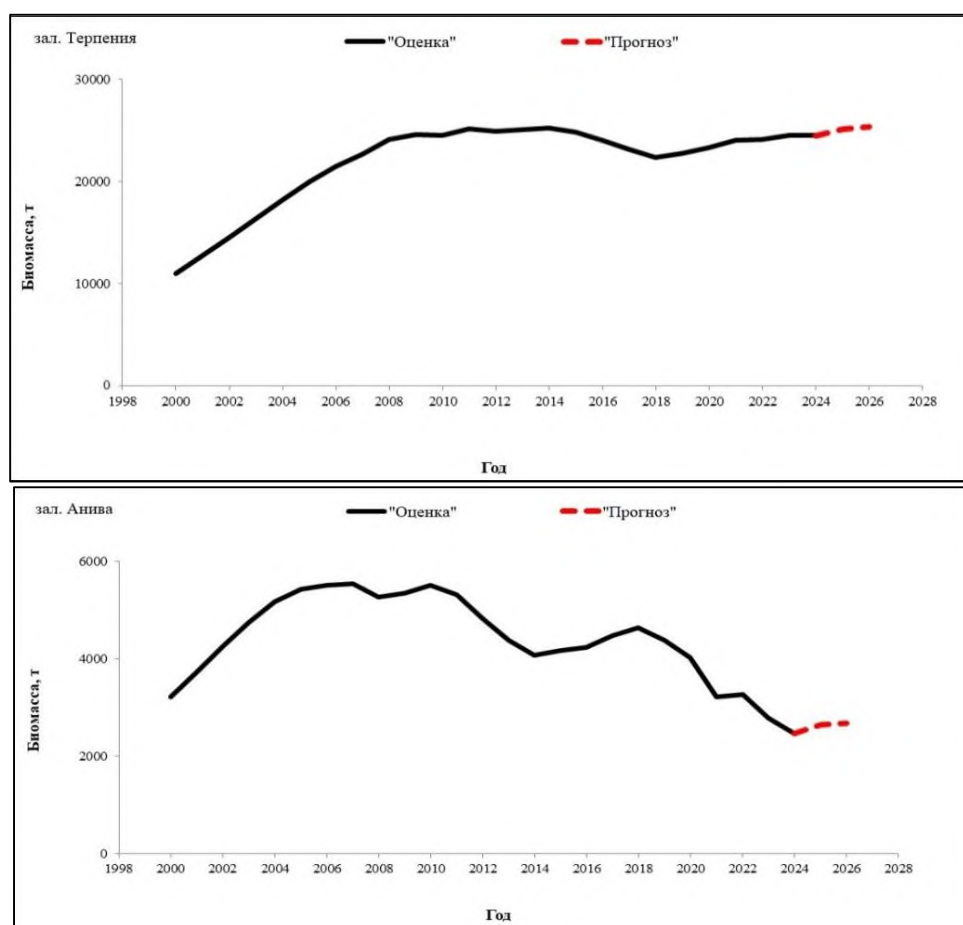


Рис. 8. Математическое ожидание биомассы кукумарии японской у восточного Сахалина в 2001-2024 гг. и прогноз на 2025-2026 гг.

Обоснование объема ОДУ. Результаты анализа биологического состояния запаса и динамики уловов на усиле свидетельствуют о стабильном состоянии запаса кукумарии японской в зал. Терпения, и о снижении численности кукумарии в зал. Анива.

Прогнозируемая величина запаса кукумарии в зал. Терпения на 2026 г. больше значения B_{tr} , в рамках «предосторожного подхода» необходимо вести промысел в постоянной интенсивности промысла. Поскольку прогнозируемая величина запаса кукумарии японской в зал. Анива на 2026 г. больше значения B_{lim} , но меньше B_{tr} , необходимо в рамках «предосторожного подхода» вести промысел в режиме восстановления запаса.

Величина запаса кукумарии в зал. Терпения в 2026 г. прогнозируется на уровне 25348 т, а в зал. Анива – на уровне 2667 т. Согласно разработанному зональному правилу регулирования промысла, коэффициент изъятия кукумарии в 2026 г. для зал. Терпения может составить 12% от прогнозируемой величины промыслового запаса, а для зал. Анива – 6%. При таком подходе, ОДУ кукумарии в Восточно-Сахалинской подзоне может составить 3202 т.

Несмотря на активный промысел кукумарии у восточного Сахалина, из-за особенностей биологии данного вида, позволяющих активно расселяться и выживать личинкам кукумарии, численность кукумарии в заливах имеет возможность постоянно восстанавливаться. Но учитывая не равномерное освоение кукумарии в заливах, создающее неопределенность при прогнозировании на перспективу, необходимо оставить величину ОДУ на 2025 г. на уровне предыдущего года – в объеме 2954 т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ кукумарии в Восточно-Сахалинской подзоне на 2026 г. в объеме 2,954 тыс. т.**

Кукумария (виды рода *Cusumaria*)

61.05 – зона Охотское море

61.05.4 – подзона Камчатско-Курильская

Исполнители: П.Ю. Иванов, А.И. Варкентин (КамчатНИРО)

Куратор: Д.А. Ботнев (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. Основой для подготовки материалов, обосновывающих ОДУ кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне на 2026 г., послужили данные научно-исследовательских работ на СТР «Сланцы» (ОАО «РК «Приморец») в июне 2024 г. Выполнено 113 учетных тралений в пределах глубин 14-239 м. Общая обследованная площадь составила около 23,4 тыс. км². В качестве орудия лова при проведении съемок использовали учетный донный трал ДТ №27,1/24,4 м с горизонтальным раскрытием 16 м. В 2023 г. учетная донная траловая съемка для оценки запаса кукумарии у Западной Камчатки не проводилась.

Анализ промысла осуществлялся по данным оперативной отчетности предприятий (ООП) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Структура и качество доступного информационного обеспечения соответствуют III уровню (прил. 1 к Приказу Росрыболовства № 104 от 06.02.2015 г.).

Обоснование выбора методов оценки запаса. Согласно вышеупомянутому приказу, недостаточная полнота и/или качество доступной информации исключает использование моделей эксплуатируемого запаса. Обоснование строится на эмпирических, трендовых, индикаторных и других приближенных методах, применяемых в случае дефицита информации.

С 2019 г. в отношении данного запаса для определения ОДУ применяется, так называемый, «немодельный» метод — ICI2 (Index Confidence Interval), реализованный в программном пакете DLMtool [Бабаян и др., 2018].

Согласно методу ICI, рекомендованный вылов вычисляется как: $ОДУ = C \times \alpha$, где

C – вылов в предыдущий год;

α – равно 0,75, если величина индекса в последний год меньше нижней границы доверительного интервала среднего значения индекса за годы наблюдений;

α – равно 1,05, если величина индекса в последний год больше верхней границы доверительного интервала среднего значения индекса за годы наблюдений;

α – равно 1, если величина индекса в последний год находится между нижней и верхней границей доверительного интервала среднего значения индекса за годы наблюдений.

Необходимо отметить, что при реализации всех немодельных методов предполагается, что статистика вылова содержит в себе ошибки, распределенные по лог-нормальному закону:

$$\varepsilon_y^C \sim N(\mu, \sigma_C^2),$$

где μ – среднее значение, σ_C – стандартное отклонение логарифмированных значений остатков.

При прогнозировании величины вылова на год вперед данное предположение учитывается в виде:

$$C_y = TAC_y e^{\varepsilon_y^C - \frac{\sigma_C^2}{2}}$$

Таким образом, результатом использования немодельных методов обоснования ОДУ являются не точечные оценки, а распределения рекомендуемых величин вылова, полученные в ходе стохастических экспериментов.

Входной информацией для данного метода являются сведения о вылове по годам, а также информация об индексе состояния запаса (табл. 1).

Таблица 1

Входная информация для расчета ОДУ кукумарии
в Камчатско-Курильской подзоне, методом IC12

Год	Общая биомасса, тыс. т	Вылов, т
2008	150,9	72,7
2009	— (145,5)*	379,0
2010	71,093 (145,5)*	608,2
2011	140,0	453,5
2012	— (138,1)*	271,3
2013	136,1	1039,1
2014	110,9	271,1
2015	89,6 (164,8)*	815,4
2016	218,6	1112,4
2017	84,7 (212,3)*	1128,8
2018	206,0	2132,8
2019	50,4 (208,2)*	2790,9
2020	210,3	2140,3
2021	213,0	1023,0
2022	131,3	1944,0
2023	— (143,3)*	851,1
2024	155,2	818,0

«—» – данных нет; * – в скобках указано среднее значение в смежные годы, которое использовано в расчетах.

Обычно в качестве индекса обилия используют уловы на единицу усилия, полученные наблюдателями. Таких достоверных данных в нашем распоряжении нет.

В качестве индекса обилия допускается использование результатов оценки запаса методами прямого учета. В случае с кукумарией Камчатско-

Курильской подзоны, в качестве индекса обилия доступны величины запаса по результатам учетных донных траловых съемок.

Оценки биомассы кукумарии, по результатам донных траловых съемок, получены с использованием программы «КартМастер v. 4.1», методом сплайн-аппроксимации плотности запаса, который опирается на сглаживание с использованием сплайн-функции результатов измерений в хаотически расположенных точках, и последующее его интегрирование по обследуемой области [Stolyarenko, 1986, 1987; Столяренко, Иванов, 1988]. При расчете запаса коэффициент уловистости трала для кукумарии, как и в предыдущие годы, принят равным 0,5.

При построении карт распределения и расчете запаса в программе «КартМастер» выставляли следующие параметры: размерность сетки – 500×500, параметр сглаживания – 0, параметр влияния глубины – 500.

Вместо отсутствующих значений, в 2009, 2012 и 2023 гг. использованы средние величины в смежные годы.

Таким образом, как и в прошлых обоснованиях, ОДУ кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне на 2026 г. оценивали методом ICI2.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. ОДУ кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне в 2004-2011 гг. оставался неизменным и составлял 1400 т. Освоение ОДУ до 2009 г. не превышало, в среднем, нескольких процентов. ССД о вылове кукумарии подавались, главным образом, после ее вылова в качестве прилова в снюрреводах при прибрежном рыбном промысле маломерными судами. В этих случаях, согласно данным ССД, вылов кукумарии достигал в сутки 1-2 т и более. При специализированном промысле тралами с маломерных судов на скоплении вылов может достигать значительных величин.

С 2009 г. отмечено увеличение вылова кукумарии, когда освоение ОДУ достигло 27%, в 2010 г. – уже 43%, в 2011 г. – 32%. Однако, официальных данных о производстве продукции из сырца кукумарии до 2014 года не было.

Промысел кукумарии значительно активизировался в 2013 г., когда вылов впервые превысил 1000 т. Освоение ОДУ в 2014 г. составило немногим более 19% (0,271 тыс. т). В 2015 г. оно достигло, на тот момент, своих максимальных исторических значений за многолетний период промысла, превысив 58% ОДУ (рис. 1). Вылов в 2016 г. ещё более вырос и достиг 1,098 тыс. т, а освоение ОДУ составило более 78%. В 2017 г. ОДУ кукумарии был освоен на 40%, исключительно, по организационным причинам.

Вылов кукумарии по итогам промысла в 2018 г. составил 2132 т (76% ОДУ), а в 2019 г. – 2791 т (99,7%), что стало максимальным значением за последний 25-летний период. Показатели степени освоения ОДУ и вылова в 2020 и 2022 гг. несколько уступали 2019 году, но, тем не менее, оставались на высоком уровне. Сравнительно большое недоосвоение ОДУ в 2021 и 2024 гг. было связано с отсутствием добычи кукумарии одним из трех пользователей биоресурса, в 2023 г. – по всей видимости, с невысокими показателями уловов.

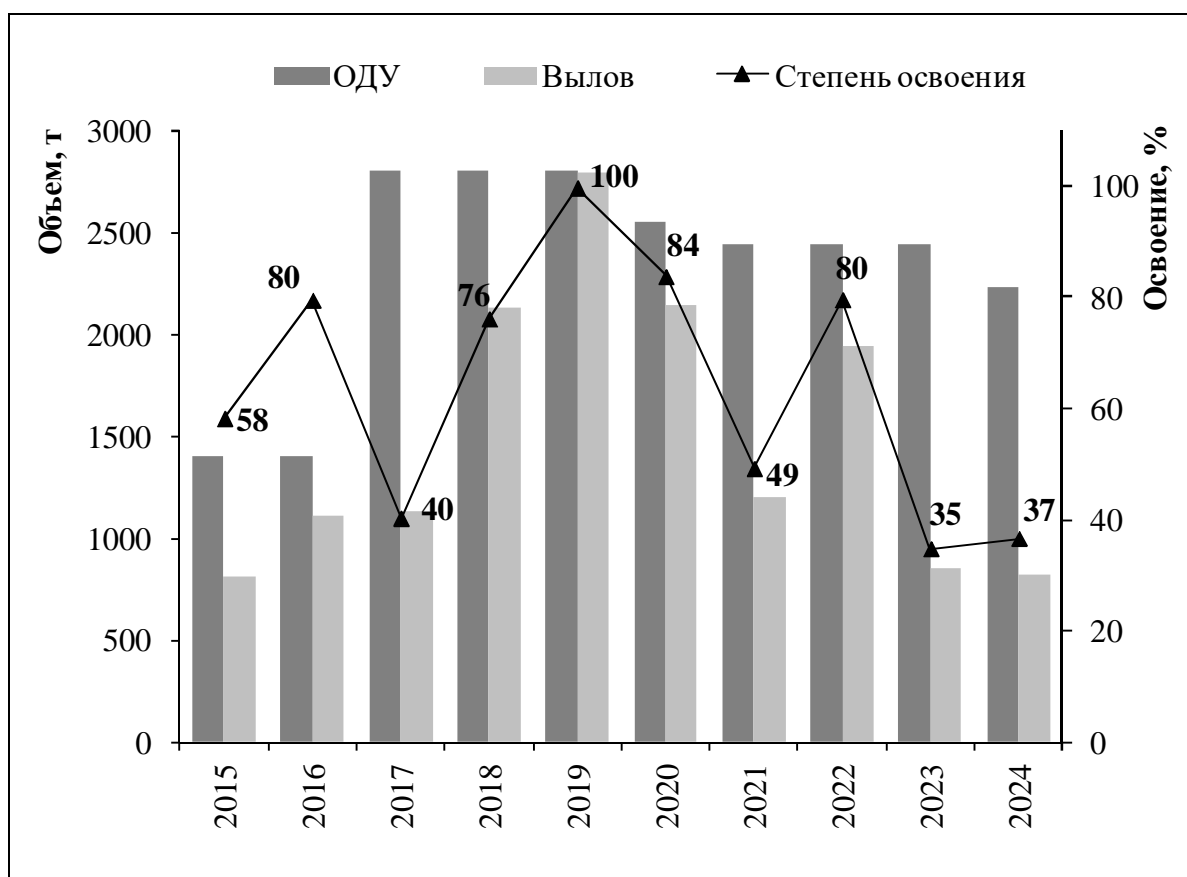


Рис. 1. Динамика ОДУ и фактического вылова, степень освоения ОДУ кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне в 2015-2024 гг.

Практически весь объем кукумарии осваивается маломерным флотом в режиме прибрежного рыболовства. При этом, вплоть по 2022 г., отмечались стабильно высокие промысловые показатели (табл. 2).

Таблица 2

Промысловые показатели на добыче кукумарии
в Камчатско-Курильской подзоне в 2015-2024 гг.

Год	Вылов на с/с средний, т	Улов на замет, т	
		средний	максимальный
2015	4,9	2,8	11,8
2016	7,5	3,1	10,0
2017	5,3	2,5	18,0
2018	6,3	3,2	22,0
2019	14,6	8,0	19,5
2020	14,8	7,1	20,0
2021	19,2	9,3	15,5
2022	16,8	8,8	28,5
2023	3,7	2,1	21,4
2024	Нет данных		

До относительно недавнего времени, основными причинами отсутствия интереса промысловиков и непривлекательности кукумарии, как объекта добычи, были низкая рентабельность промысла из-за сложности первичной переработки, хранения и перевозки сырца, слабый спрос на внутреннем рынке и, как следствие, низкая цена продукта.

В последние годы добыча кукумарии заметно интенсифицировалась, введены в эксплуатацию дополнительные береговые мощности по первичной обработке сырца и производству новых видов готовой продукции, пользующейся стабильным спросом на рынке.

В настоящее время промыслом охвачен только один из четырех крупных видов кукумарии прикамчатских вод (*C. djakonovi*, *C. savelijevae*, *C. okhotensis* и *C. levini*), это – кукумария охотская (*C. okhotensis*), рекомендуемая к промыслу в Камчатско-Курильской подзоне.

По данным ежегодно проводимых комплексных учетных донных траловых съемок, в последние годы расположение и площадь скоплений кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне практически не меняются. В связи с тем, что кукумария предпочитает песчаные и твердые грунты и не может существовать на илистых грунтах, её распределение носит пятнистый характер – она образует плотные, но крайне ограниченные по площади скопления.

Исследования, направленные, в том числе, на изучение кукумарии, проводятся КамчатНИРО ежегодно в одно и то же время – в мае-июле. По результатам последних лет исследований, включая данные 2024 г., сравнительно высокие уловы кукумарии донным тралом отмечены, главным образом, в пределах участка с координатами 52°30'-53°00' с.ш., на глубинах 27-51 м. Мельче и глубже этих изобат, а также к югу и к северу от данного участка, уловы резко снижаются до величин, не позволяющих вести рентабельный промысел.

В последние три года максимальные средние уловы зафиксированы в пределах тех же глубин, что и в предыдущие годы (табл. 3).

Таблица 3

Средние уловы кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне
летом 2014-2024 гг. по батиметрическим диапазонам

Глубины, м	Уловы за 30 мин. траления, по годам, кг									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2024
<30	25,5	5,5	41,3	10,3	8,0	3,1	191,0	112,5	4,7	5,7
30–45	105,3	332,7	772,9	330,6	1187,9	206,0	940,3	448,9	433,9	635,1
45–65	366,8	6,4	94,7	16,0	53,7	0,3	43,2	1,0	61,2	13,9
65–90	1,4	3,8	3,0	0,7	0,8	0,5	1,0	0,6	0,3	0,8
90–110	1,2	1,6	3,0	0,5	1,0	0,3	2,5	2,3	2,2	2,3
> 110	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,8	0,0	0,0	0,3

Показатели максимальной плотности распределения кукумарии на скоплениях в 2014-2024 гг. представлены в таблице 4.

Кукумария в промысловых количествах встречается и в пределах Западно-Камчатской подзоны, но здесь её запас в межгодовом аспекте нестабилен, варьируя в разные годы от низких значений – не более 1 тыс. т, до значительных – 66 тыс. т.

Таблица 4

Показатели максимальной плотности распределения кукумарии на скоплении в Камчатско-Курильской подзоне летом 2014-2024 гг.

Год	Максимальная плотность распределения, т/км ²
2014	340
2015	198
2016	313
2017	183
2018	481
2019	102
2020	372
2021	477
2022	300
2024	386

Согласно Приказу Минсельхоза России от 23.05.2019 № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна», с июня 2019 г. промысловая мера для кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне установлена в размере 80 г по массе кожно-мускульного мешка (КММ). Согласно этим правилам, средняя масса промысловой особи кукумарии в 2020 г. была равна 173 г по массе КММ, а средняя общая масса – 260 г. В 2021 г. эти показатели составили 112 и 218 г, а в 2022 г. – 116 и 294 г, соответственно.

По оценкам 2015, 2017 и 2019 гг., запас кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне в эти годы находился в пределах 50-90 тыс. т (табл. 5). Снижение оцененного запаса, по сравнению с данными 2014, 2016 и 2018 гг., очевидно, не было связано с естественными флюктуациями, а обуславливалось субъективным фактором: траления осуществлялись по стандартной сетке станций, результатом чего в отдельные годы может стать несовпадение контрольных тралений с расположением основного скопления кукумарии. По всей видимости, по аналогии с исследованиями в 2012 г., в период проведения учетных работ в 2015, 2017 и 2019 гг. расположение скопления кукумарии или его границ могли несколько измениться, по причине чего, часть запаса осталась недоучтенной.

Результаты работ в 2018, 2020 и 2021 гг. подтвердили предположение о недоучете запаса кукумарии в отдельные годы: по этим данным запас оценен на высоком уровне, сопоставимом с 2016 г., а именно – в объемах 205,6-212,7 тыс. т. По оценкам 2022 (131,2 тыс. т) и 2024 (155,2 тыс. т) гг., на современном этапе запас кукумарии находится немногим ниже среднемноголетнего уровня (166,5 тыс. т).

Определение биологических ориентиров. Низкая информационная обеспеченность не позволяет в настоящее время определить биологические ориентиры управления запасом кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне.

Таблица 5

Распределение запаса кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне, полученное в программе «КартМастер», по данным учетных траловых съемок 2014-2024 гг.

Кг/км ²	Средняя плотность, кг/км ²	Площадь, км ²	Запас, т
2014 г.			
Всего:	4893	22661	110901,4
2015 г.			
Всего:	3534	25339	89566,3
2016 г.			
Всего:	9409	23232	218596,3
2017 г.			
Всего:	2733	30976	84659,7
2018 г.			
Всего:	9132	22506	205547,8
2019 г.			
Всего:	2364	21315	50406,3
2020 г.			
Всего:	8564	24557	210315,4
2021 г.			
Всего:	9022	23579	212745,4
2022 г.			
131255,0	4994	26281	131255,0
2024 г.			
0–80000	2576	22847	58873,6
80000–160000	115271	327	37710,2
160000–240000	194839	168	32715,8
240000–320000	277297	78	21486,1
320000–400000	345540	13	4462,3
Всего:	6625	23432	155248,2

Прогнозирование состояния запаса. Запасы кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне подвержены межгодовой динамике (см. *табл. 1, рис. 2*). Очевидно, до 2015 г. ее ресурсы находились на среднем, на тот момент, уровне, равном около 138 тыс. т, в 2015-2021 гг. – на высоком уровне, превышающем, в среднем, 200 тыс. т. В 2022 г. общая биомасса резко снизилась.

В материалах, обосновывающих ОДУ кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне на 2025 г., предполагалось, что в 2023-2024 гг. индекс общей биомассы будет равен 100 тыс. т, что примерно соответствует показателю 2014 г. (см. *табл. 1*). Однако, результаты исследований 2024 г. показали, что запас кукумарии выше, чем прогнозировалось. Учитывая вышеизложенное, был переоценен отсутствующий индекс общей биомассы в 2023 г. со 100 тыс. т до 143,3 тыс. т. Можно заключить, что ресурсы этого объекта в настоящее время находятся на близком к среднегодовому уровню, с трендом на увеличение.

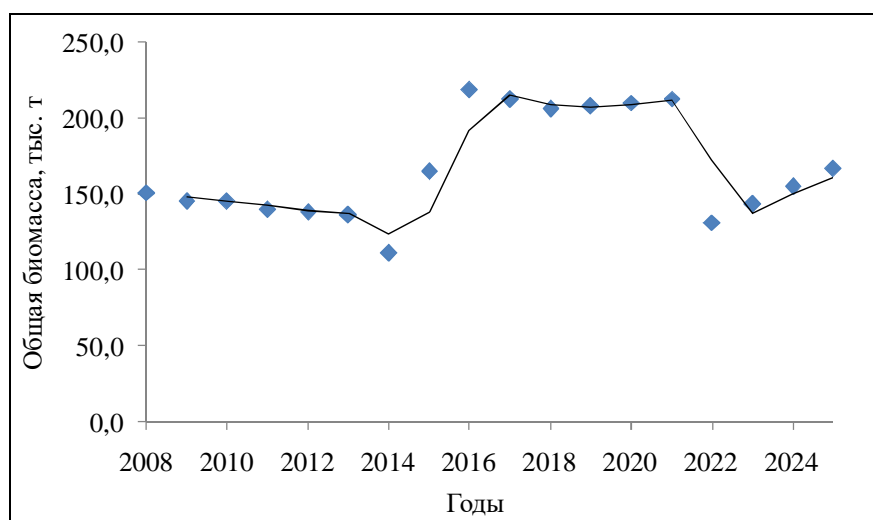


Рис. 2. Межгодовая динамика индекса общей биомассы кукумари в Камчатско-Курильской подзоне, по результатам донных траловых съемок.

Учитывая вышеизложенное, предположили, что в 2025 г. индекс общей биомассы будет равен средней за период с 2008 г. величине, т.е. 166,5 тыс. т.

Обоснование объема ОДУ. С помощью метода ICI2 в пакете DLMtool определили ОДУ кукумари в Камчатско-Курильской подзоне в 2026 г. При этом допустили, что вылов вида в 2025 г. будет соответствовать утвержденному ОДУ, равному 1,660 тыс. т, а индекс общей биомассы – 166,5 тыс. т.

Полученная с помощью этого метода медианная оценка равна 1,656 тыс. т или, округленно, 1,660 тыс. т (стандартное отклонение – 0,440). В графическом виде результаты расчетов представлены на *рисунке 3*.

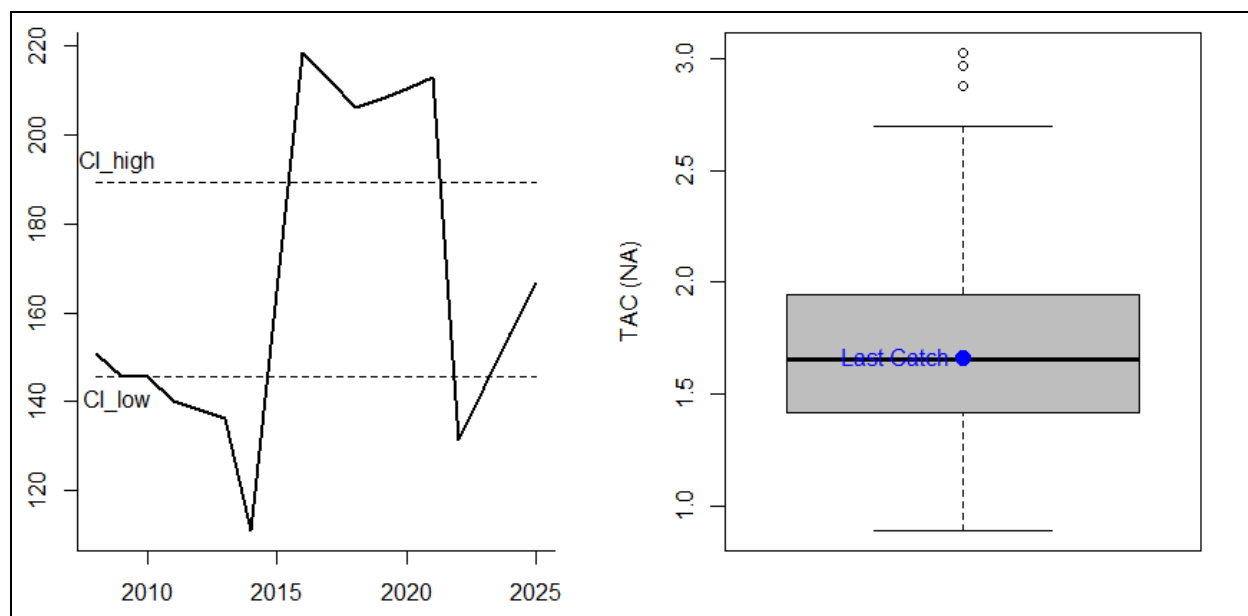


Рис. 3. Результаты оценки ОДУ кукумари в Камчатско-Курильской подзоне методом ICI2.

В левой части графика представлена межгодовая динамика индекса в 2008-2025 гг. (см. *табл. 1*), на котором отмечены нижняя и верхняя граница 95%-го доверительного интервала. В правой части Last Catch – вылов в 2025

г., принимаемый равным ОДУ, т.е. 1,660 тыс. т, черная линия – медианная оценка вылова в 2026 г., которая равна 1,656 тыс. т или, округленно, 1,660 тыс. т.

Несмотря на отмеченный выше тренд на увеличение ресурсов кукумари в Камчатско-Курильской подзоне после 2022 г., главным образом, из-за невысокого вылова в 2024 г., расчетное значение ОДУ в 2026 г. оказалось идентичным таковому в 2025 г. (1,660 тыс. т).

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ кукумари в Камчатско-Курильской подзоне на 2026 г. в объеме 1,660 тыс. т.**

Кукумария (виды рода *Cusumaria*)

61.06 – зона Японское море

61.06.1 – подзона Приморье

Исполнители: Е.Э. Борисовец, Е.Н. Дробязин (ТИНРО),
А.Ю. Поваров (ХабаровскНИРО)
Куратор: Д.А. Ботнев (ВНИРО)

Кукумария японская встречается на глубинах от 5 до 200 м в Японском, Охотском и Беринговом морях. Промысловая мера кукумарии – 150 г по массе кожно-мускульного мешка (КММ).

Анализ доступного информационного обеспечения. В подзоне Приморье на участке южнее мыса Золотой оценка запасов кукумарии осуществлялась по данным учетной траловой съемки, проведенной на НИС «Дмитрий Песков» в апреле-июне 2022 г. Траления выполнялись 27,1-метровым донным тралом. Для сравнения использованы данные траловых съемок периода 2012-2016 и 2018-2019 гг. В 2020-2021 и 2023-2024 гг. исследования по кукумарии японской в подзоне Приморье на участке южнее мыса Золотой не проводились.

На участке севернее мыса Золотой, из-за отсутствия экспедиций, работ по кукумарии японской не проводилось. Основой для написания прогноза послужили материалы донной траловой съемки, проведенной в апреле-июне 2022 г. на «Владимир Сафонов» и НИС «Дмитрий Песков». Обследованы глубины от 24 до 611 м. Выполнено 319 станций (*рис. 1А*). Также, использованы данные гидробиологической дражной съемки, выполненной на двух участках – от бух. Силантьева до бух. Табо и от бух. Аджима до мыса Песчаный, в период с 21 июля по 7 августа 2018 г. на КЛС «Байкал». Работы проводились с применением специализированной драги для голотурий (2,0×0,6 м, ячея 60 мм). Всего было выполнено 177 станций. Расстояние между разрезами составляло 10 миль, между станциями – от 0,9 до 7 км. Обнаруженные скопления гидробионтов оконтуривались путем выполнения более частой сетки станций. Траление осуществлялось вдоль изобат от 14 до 82 м. Скорость траления составляла 1,5-2,0 узла, время траления – 10-20 минут (*рис. 1Б*). Дополнительно использованы данные траловых съемок 2009-2020 гг.

Структура и качество доступной информации соответствуют III уровню информационного обеспечения обоснования прогноза ОДУ кукумарии в подзоне Приморье.

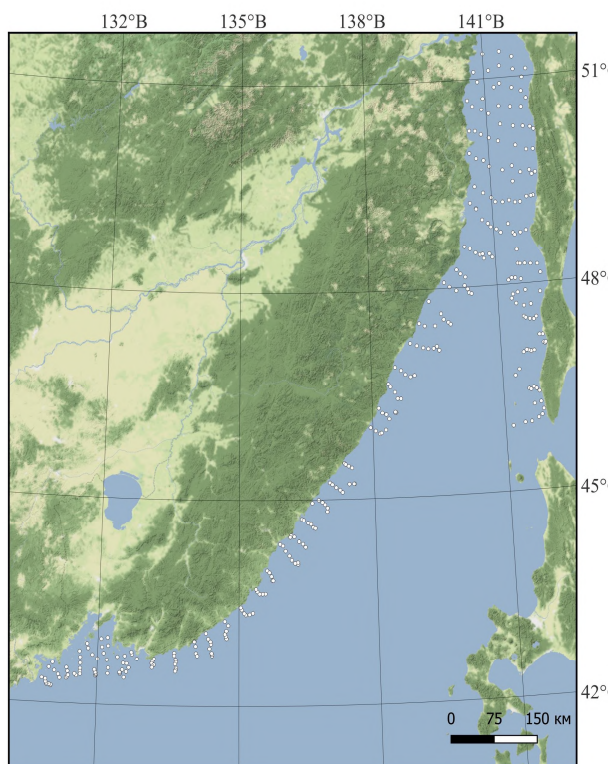


Рис. 1А. Карта-схема траловых станций, выполненных на НИС «Владимир Сафонов», НИС «Дмитрий Песков» в апреле-июне 2022 г.

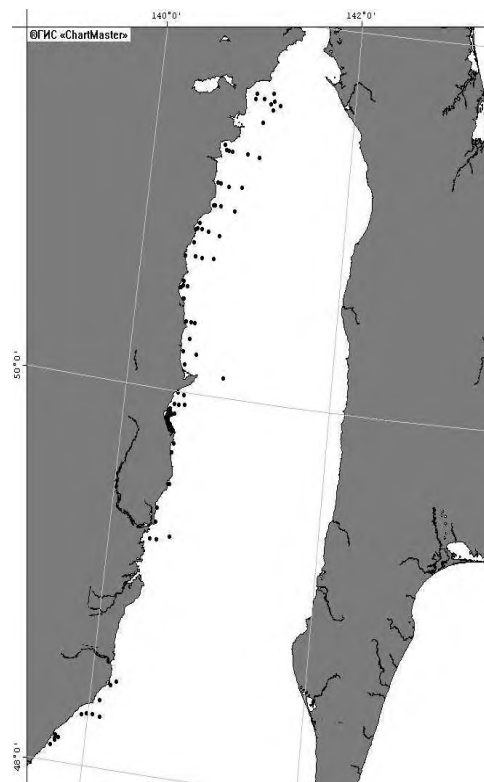


Рис. 1Б. Карта-схема выполненных станций гидробиологической дражной съемки на КЛС «Байкал» в июле-августе 2018 г.

Обоснование выбора методов оценки запаса. В подзоне Приморье, на участке южнее мыса Золотой, оценка запасов выполнялась традиционными методами, утвержденными в «ТИНРО-центре» 29 марта 2013 г., как основные методы оценки численности и биомассы водных биологических ресурсов, величины запаса и его прогноза, оценки возможной доли изъятия [Основные методы оценки..., 2013], включая метод многоугольников близости (диаграммы Вороного или полигоны Тиссена) [Борисовец и др., 2003]. Данным методом рассчитывались запасы кукумарии для всех приведенных лет исследований.

Коэффициент уловистости кукумарии японской тралом принят за 0,7 [Макрофауна бентали..., 2014].

На участке севернее мыса Золотой единственным источником оценки запаса кукумарии многие годы являются данные учетных донных траловых съемок. В отношении численности возможного пополнения данные таких исследований не вполне объективны, т.к. молодь кукумарии тралом не улавливается. Рассчитывать возможную численность промыслового запаса на год или два вперед, не имея объективных данных о численности пополнения, невозможно. Таким образом, без использования такого орудия учета кукумарии, как драга, применение модельных подходов к оценке и прогнозу запаса кукумарии в подзоне Приморье, к северу от мыса Золотой, в настоящее время не осуществимо.

В качестве исходных данных используется информация о количественном вылове кукумарии тралом во время съемок. По данным съемок 2018 г. и 2022 г., расчет общей биомассы и численности осуществлялся методом многоугольников близости (диаграммы Вороного или полигоны Тиссена), построенных для каждой станции внутри батиметрических диапазонов [Борисовец и др., 2003]. В ГИС «КартМастер» [Бизиков и др., 2006], с использованием метода сплайн-аппроксимации, рассчитаны результаты траловых съемок 2009-2020 гг.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. По данным траловых уловов 2022 г., кукумария японская на участке южнее мыса Золотой встречалась в диапазоне глубин 25-83 м, наиболее плотные скопления приурочены к глубинам 25-81 м (рис. 2).

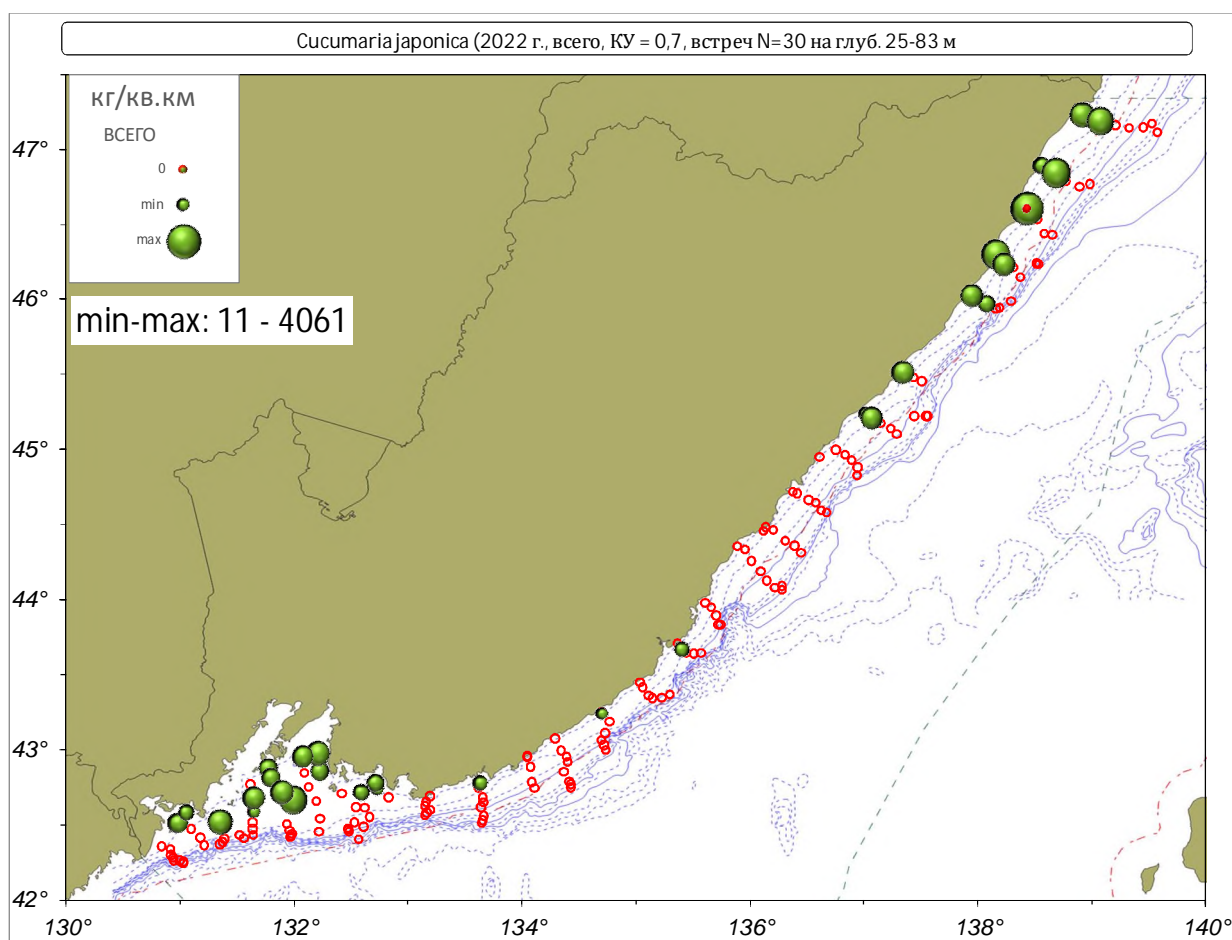


Рис. 2. Распределение кукумарии японской (кг/км²) в подзоне Приморье южнее мыса Золотой в период апрель-июнь 2022 г.

В заливе Петра Великого было сосредоточено 20,8% от общей биомассы кукумарии. Наиболее крупные поселения находятся в Уссурийском заливе, а также в открытой части Амурского залива и на выходе залива Посыета. В 2022 г. в районе от мыса Поворотный до мыса Золотой наиболее плотные скопления кукумарии встречались на участке от мыса Надежды до мыса Золотой, на глубинах 60-81 м.

Общая площадь поселений кукумарии на участке южнее мыса Золотой составила 6821 км², из которых 2649 км² приходится на зал. Петра Великого.

Общая биомасса кукумарии – 4903 т, численность – 28,8 млн. экз. (табл. 1). Максимальный улов на усилие составил 227 кг/час траления и был зафиксирован в северной части района исследований.

Таблица 1

Состояние ресурсов кукумарии японской в подзоне Приморье южнее мыса Золотой по данным траловых съемок в период 2012-2022 гг.

Год	Площадь поселения, км ²	Общая биомасса, т (K=0,7)	Численность, млн экз. (K=0,7)	Макс. улов, кг/час траления	Средняя масса особи, г
2012	10639	30853	–	4290	–
2013	11935	30784	82,9	1840	373
2014	10993	17652	48,4	1680	365
2015	12511	23854	77,9	4500	287
2016	10801	5485	18,8	300	337
2017	–	–	–	–	–
2018	10844	2684	7,2	80	387
2019	10137	16643	31,5	1200	533
2020	–	–	–	–	–
2021	–	–	–	–	–
2022	6821	4903	28,8	227	170

Результаты траловой съемки 2022 г. показали снижение общей биомассы кукумарии японской в 3,4 раза, по сравнению с данными съемки, выполненной в 2019 г. Показатель общей биомассы наиболее близок к результату исследований 2016 года, который считался явно заниженным. При этом, показатель общей численности особей, полученный в 2022 году, остается сравнительно высоким, практически, на уровне результатов 2019 года (см. табл. 1).

Весовой состав поселений кукумарии в 2022 г. существенно отличался от данных 2019 г. Показатель средней индивидуальной массы снизился с 533 г (2019 г.) до 170 г. Существенное снижение средней массы особи, которая в 2022 году является минимальной за последние 10 лет, объясняется низкими значениями уловов в заливе Петра Великого, где поселения кукумарии представлены крупноразмерными особями. По результатам исследований 2022 г., высокие уловы и более 70% общей биомассы кукумарии были получены в северной части исследуемого района, где скопления кукумарии представлены, в основном, мелкоразмерными особями. (Так, максимальный улов кукумарии японской был представлен особями со средней массой тела в выборке всего лишь 137 г).

В 2022 г. наибольшее количество особей кукумарии имело массу в пределах класса 100-200 г, их доля составила 65,9%. Особи массой более 200 г были сравнительно малочисленны, их суммарная доля составила 18,5%. Весовая структура уловов кукумарии японской в 2022 г. имеет существенные различия с 2019 г. и в целом сходна с весовой структурой 2018 г., но преобладание доли особей с массой тела менее 200 г выражено значительно ярче (рис. 3).

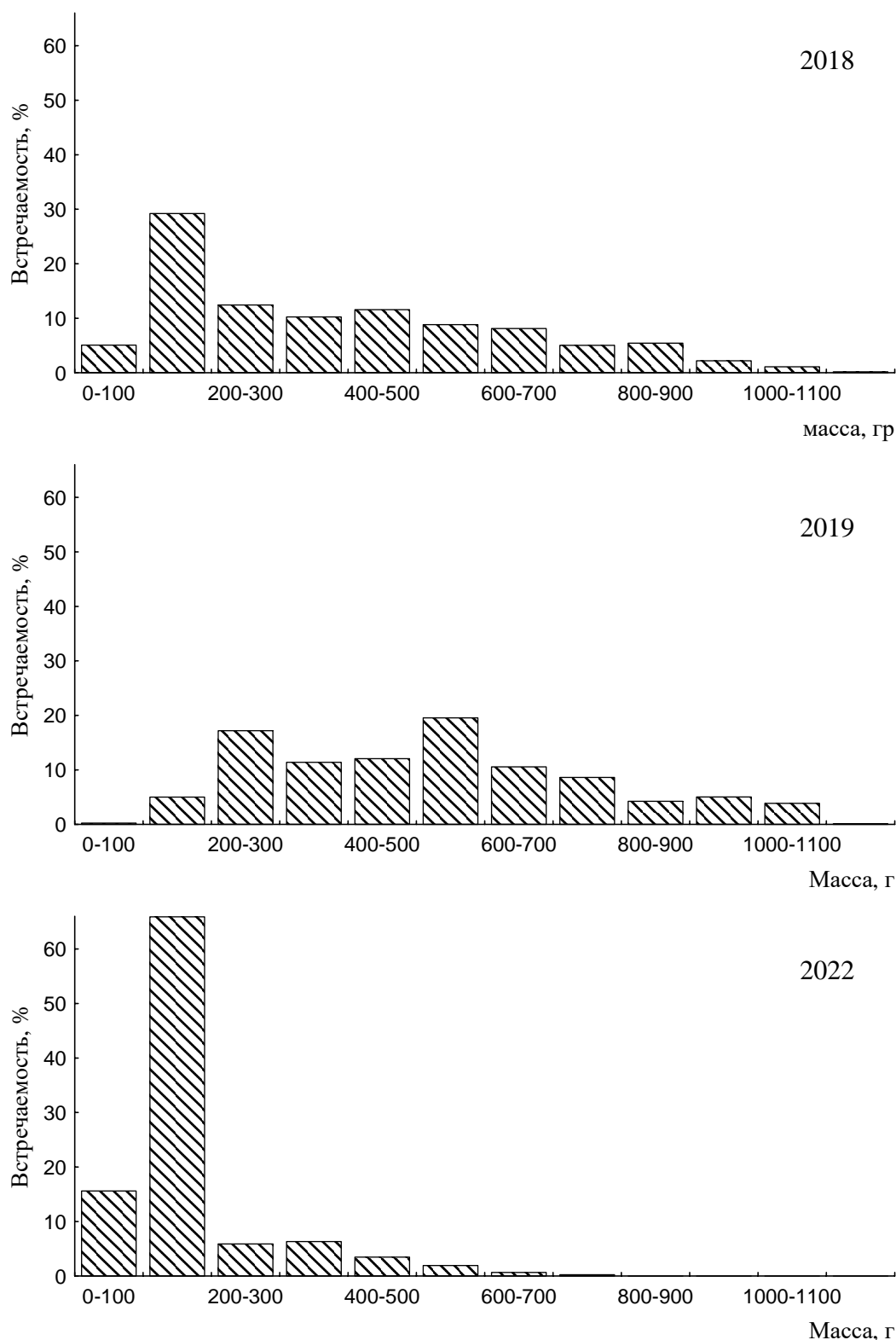


Рис. 3. Весовая структура уловов кукумарии японской в подзоне Приморье, южнее мыса Золотой, по результатам учетных траловых съемок в весенний период 2018, 2019, 2022 гг.

В целом, значительные изменения в весовой структуре кукумарии японской в подзоне Приморье (южнее мыса Золотой), вероятно, являются следствием неравномерной промысловой нагрузки на разные участки обитания кукумарии. Так, в наиболее южном районе – заливе Петра Великого, средняя масса особи в 2022 году была 431 г, что намного выше,

чем средняя по подзоне Приморье. Однако доля общей биомассы кукумарии, обитающей в заливе Петра Великого, снизилась до 20,8%, по сравнению с данными 2019 г., когда на данном участке было сосредоточено 53,0% от общей биомассы кукумарии.

На участке севернее мыса Золотой поселения кукумарии занимают обширные площади в северо-западной части Татарского пролива. В районе исследования голотурия обитает у открытых побережий на глубинах от 9 до 87 м, создавая промысловые концентрации в прибрежной зоне до глубины 35 м [Дуленина, Поваров, 2022]. Работы по данному виду до 2009 г. имели эпизодический характер. Наиболее значимыми из них были исследования в 2003 и 2007 гг., когда выполнялись донные съемки в прибрежных водах, примыкающих к Хабаровскому краю. Запас, определенный на основании этих съемок, был оценен в 1000 и 3380 т, соответственно. Начиная с 2009 г., на участке севернее мыса Золотой ежегодно выполнялась донная комплексная траловая съемка, на основании которой и дается оценка запаса кукумарии японской.

Необходимо отметить, что работа трала зависит, как от опыта тралмастера и капитана судна, так и от многих внешних факторов среды: глубины, грунта, направления и скорости течения по отношению к движению трала и т.д. Значительные колебания запаса и численности кукумарии в районе работ в разные годы (табл. 2) являются, в основном, результатом влияния указанных выше факторов на работу трала. При этом нельзя полностью исключать и биологические процессы, влияющие на флуктуации численности кукумарии внутри её популяции.

Таблица 2

Состояние ресурсов кукумарии японской в подзоне Приморье, севернее мыса Золотой, на основании комплексных траловых съемок

Год	Общий запас, ($K=0,75$), т	Численность, млн экз.	Средняя масса особи, г
2009	8441	23,51	359
2010	2836	7,52	377
2011	9370	36,35	258
2012	1937	7,68	252
2013	5160	23,67	218
2014	3247	15,54	209
2015	7233	28,36	255
2016	7442	33,22	225
2018	11159	28,62	380
2020	3710	21,12	175
2022	311	0,714	448

В июле-августе 2018 г. впервые проводился экспериментальный лов кукумарии. Вылов составил 4,174 т (6,84% от ОДУ в объеме 61 т). В районе исследования уловы составили от 0 до 279 кг/траление, в среднем – 27 кг/траление. На участке от мыса Бычий до мыса Аукан, где было отмечено промысловое скопление, улов на усилие, в среднем, составил 75 кг/траление (максимальный – 279 кг/траление). Необходимо отметить, что здесь уловы

кукумарии уменьшаются к периферии скопления. На глубинах свыше 29 м они резко падают до 8-10 кг/траление, а на глубине 34 м уловы составляют всего 0,32 кг/траление. С уменьшением глубины (14-17 м) уловы также снижаются до 3,5-9 кг/траление.

В районе исследования вид распределялся неравномерно: южнее зал. Советская Гавань кукумария практически не встречалась. Одиночные особи были обнаружены только в районе бух. Аджима, на глубине от 20 до 31 м. Севернее зал. Советская Гавань, вдоль всего побережья, кукумария, в основном, встречалась одиночными особями, за исключением поселения, расположенного между мысами Бычий и Аукан (рис. 4). На этом участке кукумария отмечена на изобатах от 14 до 34 м, с концентрацией на глубинах 19-29 м, где ее плотность достигала 355 г/м² (в среднем – 53 г/м²).

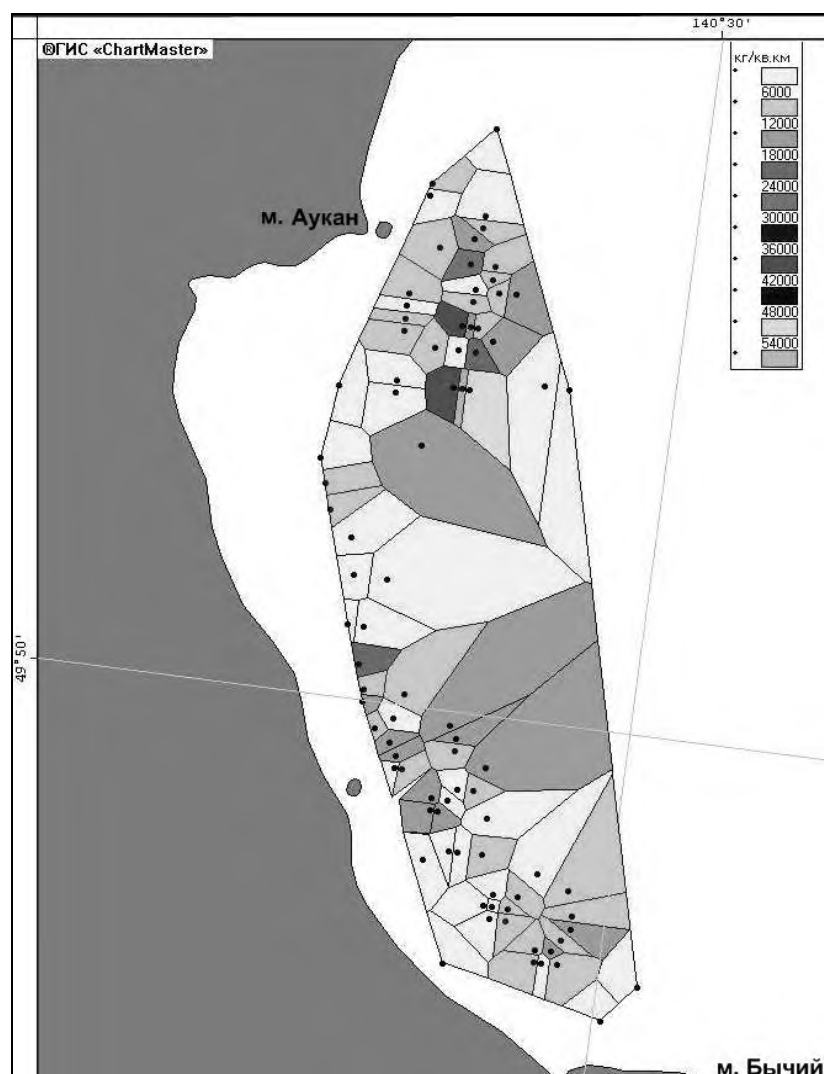


Рис. 4. Карта-схема распределения плотности кукумарии японской в промысловом скоплении на участке от мыса Бычий до мыса Аукан, июль-август 2018 г.

По данным 2018 г., масса кукумарии составляла от 100 до 1200 г, средняя – 373 г. Особи из промыслового поселения в районе мыс Бычий - мыс Аукан отличались несколько большей массой: от 160 до 1200 г, в среднем – 407 г. Доля промысловых особей составляла 99% от общего улова (рис. 5).

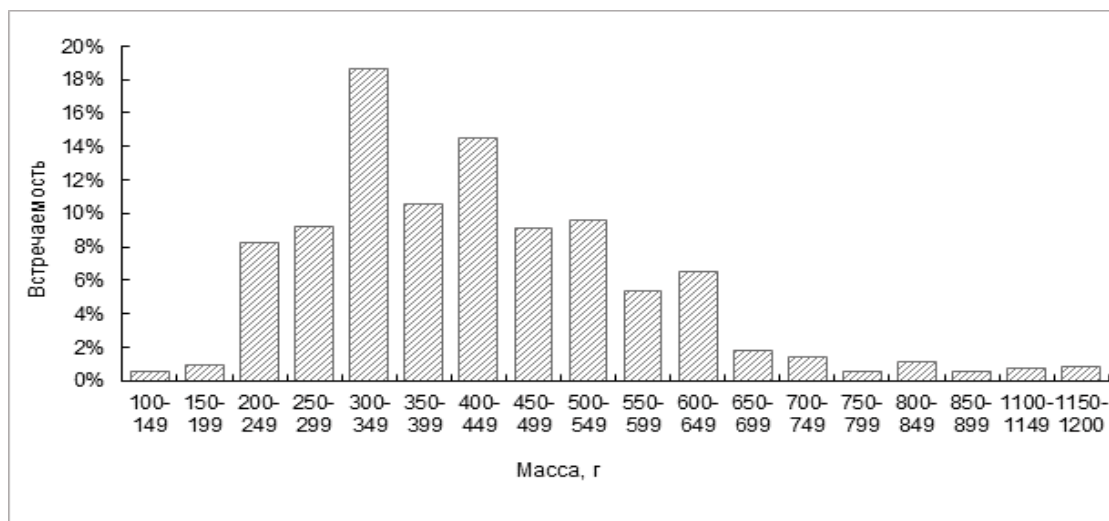


Рис 5. Весовая структура уловов кукумари японской, по результатам дражной съемки в северо-западной части Татарского пролива в июле-августе 2018 г.

В апреле-июне 2022 г. вид встречался на 5 станциях (встречаемость 7,6%), на площади 3,0 тыс. кв. км, в координатах 47°50'-51°23' с.ш. и 139°23'-141°24' в.д. (рис. 6), на глубинах 38-41 м.

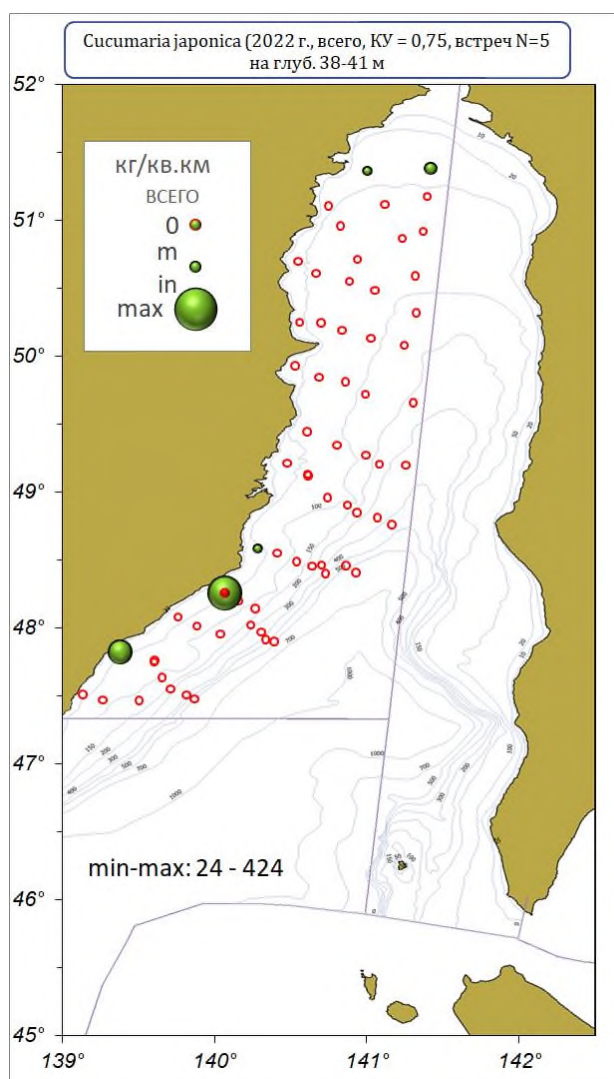


Рис. 6. Распределение кукумари японской (кг/км²), по данным траловой съемки в подзоне Приморье, севернее мыса Золотой в апреле-июне 2022 г.

Уловы кукумарии отмечались при температуре придонного слоя воды от $-0,8^{\circ}\text{C}$ до $-0,2^{\circ}\text{C}$. Максимальные уловы кукумарии – $424,4 \text{ кг/км}^2$ отмечены в районе мыса Успения ($48^{\circ}15'$ с.ш., $140^{\circ}05'$ в.д.), на глубине 38 м. Площадь промысловых скоплений (с плотностью $>143 \text{ кг/км}^2$) составила около 0,73 тыс. км^2 . По данным съемки, масса особей варьировала от 196 до 830 г, составляя в среднем 448 г (рис. 7).

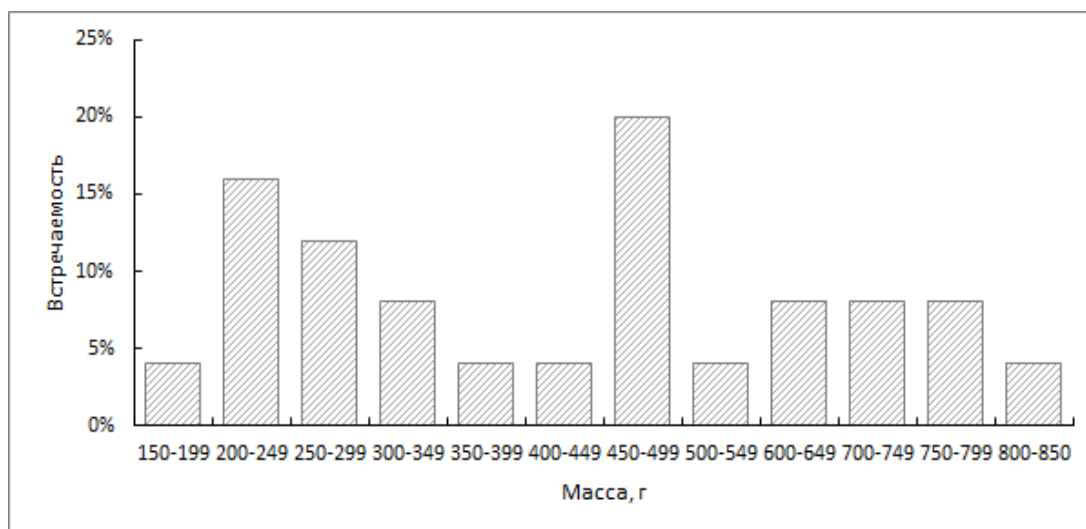


Рис. 7. Весовая структура уловов кукумарии японской по результатам учетной траловой съемки в подзоне Приморье, севернее мыса Золотой, в апреле-июне 2022 г.

По данным Приморского и Амурского территориальных управлений Росрыболовства, освоение ОДУ кукумарии в подзоне Приморье в 2024 г. осуществлено в объеме 169,982 т, что составило 42,92% от рекомендованного ОДУ (396,0 т) для подзоны Приморье. Объем вылова, как и средний вылов за судосутки, в 2024 г., по сравнению с 2023 г., существенно снизился (табл. 3). Однако, в 2023 и 2024 гг. не проводились исследования по оценке запаса кукумарии, что не позволяет однозначно утверждать об изменениях в состоянии запаса.

Таблица 3

Межгодовая динамика освоения ОДУ кукумарии в подзоне Приморье по данным Приморского и Амурского территориальных управлений, в период 2018-2024 гг.

Год исследований	ОДУ, т	Вылов, т	Освоение, %	Средний улов на судосутки, т
2018	425	174,635	41,09	1,171
2019	575,133	441,448	76,76	2,195
2020	1432,203	704,702	49,20	2,665
2021	1664,843	1156,93	69,49	2,058
2022	2234,0	535,23	23,96	1,738
2023	1443,2	900,271	62,38	2,621
2024	396,0	169,982	42,92	2,336

В период 2010-2017 гг. освоение ОДУ составляло 11,5-60,0% от рекомендуемого объема, который суммарно для подзоны Приморье

составлял не более 0,166 тыс. т. Кукумария вылавливалась в небольших количествах в качестве прилова, и в целом в этот период ее ресурсы существенно недоиспользовались.

Прогнозирование состояния запаса. В подзоне Приморье южнее мыса Золотой расчет запасов кукумарии японской осуществлялся по методу многоугольников близости (полигоны Тиссена или диаграммы Вороного), построенных для каждой станции внутри батиметрических диапазонов. Коэффициент уловистости кукумарии японской тралом принят за 0,7. Общий запас на участке южнее мыса Золотой в 2022 г. составил 4,903 тыс. т на площади 6821 км².

Индивидуальная масса особей кукумарии складывается из массы кожно-мускульного мешка (КММ) и массы внутренностей и полостной жидкости. По имеющимся данным, взаимосвязь между массой ($M_{общ}$) особи и массой КММ ($M_{КММ}$) для промысловых и близких к достижению промысловой меры особей описывается формулой:

$$M_{КММ} = 0,50436 \times M_{общ}.$$

Согласно данной формуле, масса тела особи кукумарии японской, которая соответствует массе КММ равной 150 г, составляет 297 г.

По данным траловой съемки 2022 г., на участке южнее мыса Золотой, доля промысловых особей в запасе составила 31,35%, промысловый запас – 1,537 тыс. т. По сравнению с данными предыдущей траловой съемки, которая была проведена в 2019 г., общий запас кукумарии японской за трехлетний период снизился в 3,4 раза, промысловый запас снизился в 8,4 раза (поскольку доля особей промыслового размера так же снизилась – с 77,54% в 2019 г. до 31,35% в 2022 г.).

Полученные результаты неоднозначны и требуют уточнения. Анализ текущей ситуации осложняется тем, что в 2020 и 2021 гг. в подзоне Приморье, южнее мыса Золотой, учетные траловые съемки не проводились.

Влияние фактора естественной элиминации, как причины резкого снижения запаса кукумарии, маловероятно. Что касается промысловой элиминации, то за период 2019-2022 гг. предприятиями рыбодобывающей отрасли в подзоне Приморье суммарно было выловлено 2,849 тыс. т кукумарии (в 2019 г. – 0,441 тыс. т, в 2020 г. – 0,705 тыс. т, в 2021 г. – 1,157 тыс. т, в 2022 г. – 0,546 тыс. т). Даже если исходить из упрощенной схемы, предполагающей, что в отношении естественных процессов смертности и пополнения промысловый запас статичен (не принимая во внимание восстановление запаса и допуская, что весь объем изъятия был произведен южнее мыса Золотой), то из 12,904 тыс. т промыслового запаса 2019 г., за вычетом 2,849 т суммарного вылова за период 2019-2022 гг., должно остаться не менее 10 тыс. т (10,055 тыс. т) промыслового запаса к концу 2022 г. На практике, этот условный теоретический объем в 6,5 раз превышает тот, что получился по результатам траловой съемки 2022 г. (1,537 тыс. т).

Таким образом, имеется несоответствие ожидаемой минимальной величины промыслового запаса с полученной по результатам исследований 2022 г. К вероятным причинам можно отнести, во-первых, действительное

снижение запасов кукумари, которое может быть вызвано дополнительной промысловой элиминацией, включающей вылов кукумари в качестве незадекларированного прилова на судах, не имеющих оформленной квоты. В пользу предположения о существенном снижении запасов кукумари свидетельствует низкая доля освоения ее ресурсов в 2022 г. Во-вторых, не исключается заниженная оценка величины запасов в 2022 г., как из-за отсутствия станций в традиционных местах обитания голотурии, так и из-за возможных проблем с уловистостью трала в учетной съемке, наподобие произошедшему в 2018 г. Также, причиной увеличения ошибки при оценке ресурсов кукумари может быть недостаточно частая сетка траловых станций при проведении научных исследований.

Наиболее оптимальное решение при оценке величины промыслового запаса и определении ОДУ кукумари японской в условиях, когда результат траловой съемки существенно ниже, чем ожидаемая величина запаса, при соблюдении принципа предосторожного подхода и реализации безопасной доли изъятия промыслового ресурса, видится в установлении усредненной величины общего запаса по данным исследований 2019 и 2022 гг. При этом, доля промыслового запаса рассчитывается по результатам 2022 года исследований, как более актуальная, когда доля особей промыслового размера составила 31,35%.

Таким образом, средняя величина общего запаса по обобщенным данным 2019 г. (16,643 тыс. т) и 2022 г. (4,903 тыс. т) может составлять 10,773 тыс. т, а промысловый запас – 3,365 тыс. т.

На участке севернее мыса Золотой, по данным траловой съемки 2022 г., биомасса кукумари в северо-западной части Татарского пролива составила 333 т (0,766 млн экз.), при плотности от 24 до 424 кг/км². Промысловый запас составит 68% от данного значения – 226 т. Необходимо отметить, что оценка величины запаса в текущем году является заниженной как из-за отсутствия станций в традиционных местах обитания голотурии, так и из-за проблемы с уловистостью трала в учетной съемке. Расположение поселений, как правило, нестабильно во времени и пространстве. Однако, в результате исследований 2018 г. было обнаружено постоянное промысловое скопление, расположенное между мысами Бычий и Аукан, что, очевидно, связано с круговоротами течения Шренка, переносящего на участок большое количество личинок [Дуленина, Поваров, 2022]. Промысловый запас на данном участке был оценен в 370 т (909 тыс. экз.) на площади 37 км².

За весь период исследований, вплоть до настоящего времени, как в дражных, так и траловых уловах почти отсутствует молодь, поэтому прогнозировать запас на основе анализа численности отдельных поколений по имеющимся данным невозможно. При этом, популяция кукумари японской в районе на протяжении ряда лет сохраняет стабильность структуры. Можно предположить, что пополнение, как минимум, восполняет потери от естественной смертности. Исходя из этого, промысловый запас кукумари на участке севернее мыса Золотой на 2022 г. был оценен в 0,596 тыс. т, при численности 1,37 млн. экз.

Суммарный промысловый запас кукумарии японской в подзоне Приморье оценен в 3,961 тыс. т. Можно считать, что к 2026 г. значительного снижения запасов кукумарии не произойдет.

Определение ориентиров управления и обоснование правила регулирования промысла. На данном этапе недостаточно информации для формирования ориентиров управления и правил регулирования промысла кукумарии в подзоне Приморье.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ. Кукумария японская относится к классу голотурий, в который входят, в основном, долгоживущие виды (10-11 лет). При этом она является малоизученным промысловым объектом. На основании «предосторожного» подхода, ОДУ кукумарии японской на 2026 г. предлагается установить на минимальном уровне – 10% от промыслового запаса, т.е. в объеме 0,396 тыс. т. [Бабаян, 2000].

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ кукумарии в подзоне Приморье на 2026 г. в объеме 0,396 тыс. т.**

Кукумария (виды рода *Cusumaria*)

61.06 – зона Японское море

61.06.2 – подзона Западно-Сахалинская

Исполнитель: Г.В. Жуковская (СахНИРО)

Куратор: Д.А. Ботнев (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. Для подготовки прогноза по кукумарии японской западного Сахалина были использованы данные, полученные в ходе комплексных траловых съемок на НИС «Дмитрий Песков», «Профессор Пробатов», РК МРТ «Бухоро» и НИС «Владимир Сафонов» в 2003-2005, 2007-2008 гг., 2013, 2015, 2017-2018, 2020, 2022 гг. и 2024 г. (67 станций) (рис. 1), водолазной съемки, выполненной в 2024 г. (54 водолажных станции), а также материал, собранный в ходе промышленного лова кукумарии.

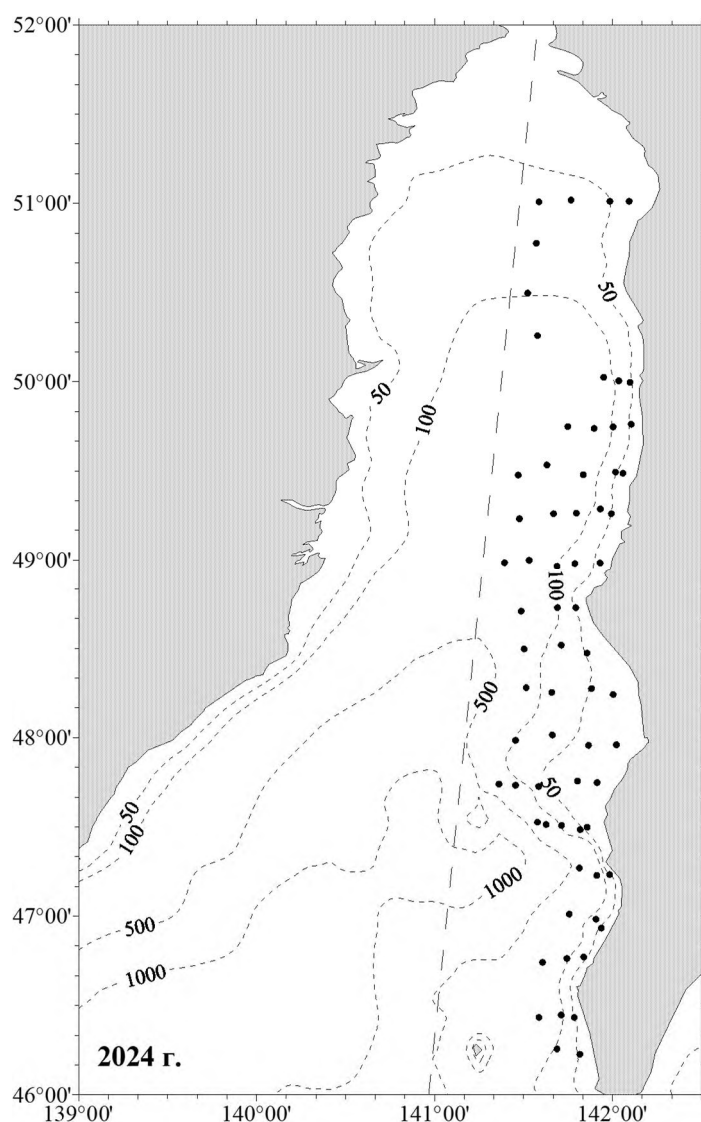


Рис. 1. Карта-схема комплексной траловой съемки на НИС «Владимир Сафонов» в районе западного Сахалина в 2024 г.

Всего, при выполнении научно-исследовательских работ по изучению запаса кукумарии японской западного Сахалина было промерено и взято на биологический анализ 4 672 экз. Информация о величине промышленного освоения данной единицы запаса получена из базы ОСМ «Росрыболовство».

В целом, информационную обеспеченность прогноза можно признать удовлетворительной. Согласно Приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, по характеру имеющейся первичной информации прогноз ОДУ кукумарии японской у западного Сахалина можно отнести ко II уровню информационной обеспеченности.

Обоснование выбора методов оценки запаса. Проведение учетных траловых съемок позволяет оценить численность и биомассу запаса кукумарии западного Сахалина. По данным дражных съемок, с помощью метода геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Keckler, 1994; Wackernagel, 1995], был рассчитан запас традиционным методом страт (с выделением зон равновеликих уловов) [Аксютин, 1968]. Имеющиеся многолетние данные по величине биомассы, объему годового промышленного вылова и биологическому состоянию запаса позволяют производить оценку запасов с помощью продукционных моделей. По результатам исследований были определены промысловые ориентиры для формирования ПРП на основе «принципа предосторожности» [Бабаян, 2000].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Из-за отсутствия стабильных рынков сбыта и наличия значительных промысловых скоплений кукумарии японской в других районах Сахалина и Курил, промысел кукумарии в водах западного Сахалина долгое время не велся. С расширением рынка сбыта, данная единица запаса привлекла внимание добывающих предприятий. Промысел был начат в юго-восточной части Татарского пролива в 2013 г., суточный вылов одним судном варьировался от 600 кг до 14 т. Также, в прибрежной зоне западного Сахалина кукумария японская добывается водолазным способом. Суточный вылов одной бригады водолазов может достигать 2,5-4,5 т (*рис. 2*).

Годовой вылов кукумарии составил: в 2013 г. – 86,5 т, в 2014 г. – 89,6 т, в 2015 г. – 63,1 т, в 2016 г. – 405 т, в 2017 г. – 860 т, в 2018 г. – 1 251 т, в 2019 г. – 1 072 т. Повышенный спрос на кукумарию способствовал росту освоения ОДУ (*рис. 3*). В 2020 г. годовой вылов кукумарии составил 545 т, что составляет 47% от ОДУ. Недоосвоение выделенных лимитов в 2020 г. году обусловлено снижением спроса из-за закрытия рынков сбыта. В 2021 г. было добыто 905,8 т кукумарии, что составляет 82% от годового объема ОДУ. В 2022 г. годовой промышленный вылов составил 467,3 т – это 43% от ОДУ. В 2023 г. промышленный вылов составил 611,6 т, что составляет 56% от годового ОДУ. Недоосвоение лимитов связано с организационными причинами, не позволившими в полной мере вести добычу и переработку кукумарии. В 2024 г. промысел кукумарии велся на обширной акватории, годовой вылов составил 905,8 т, что составляет 83% от годового ОДУ. Среднегодовые уловы на усилии кукумарии в Западно-Сахалинской подзоне приведены в *таблице 1*.

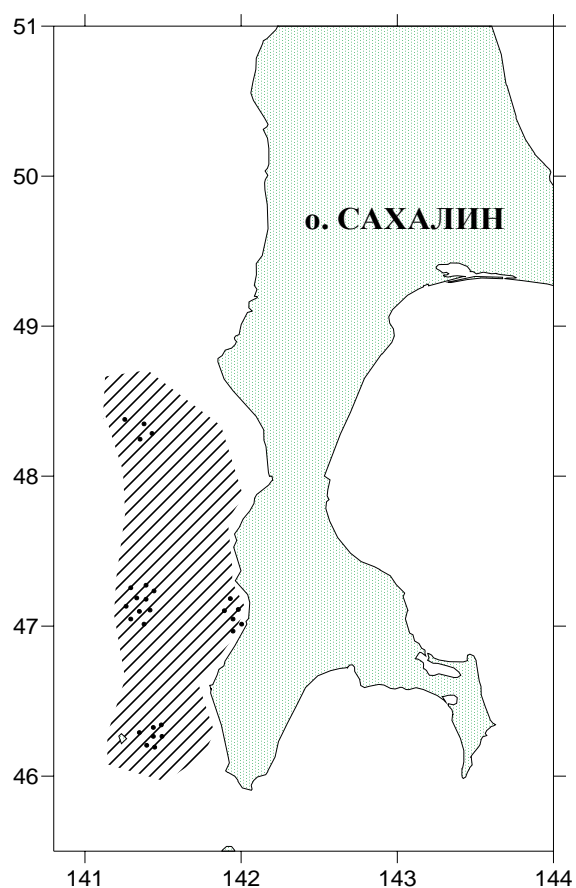


Рис. 2. Карта-схема района промысла кукумарии японской у западного Сахалина (по данным 2013-2023 гг.).

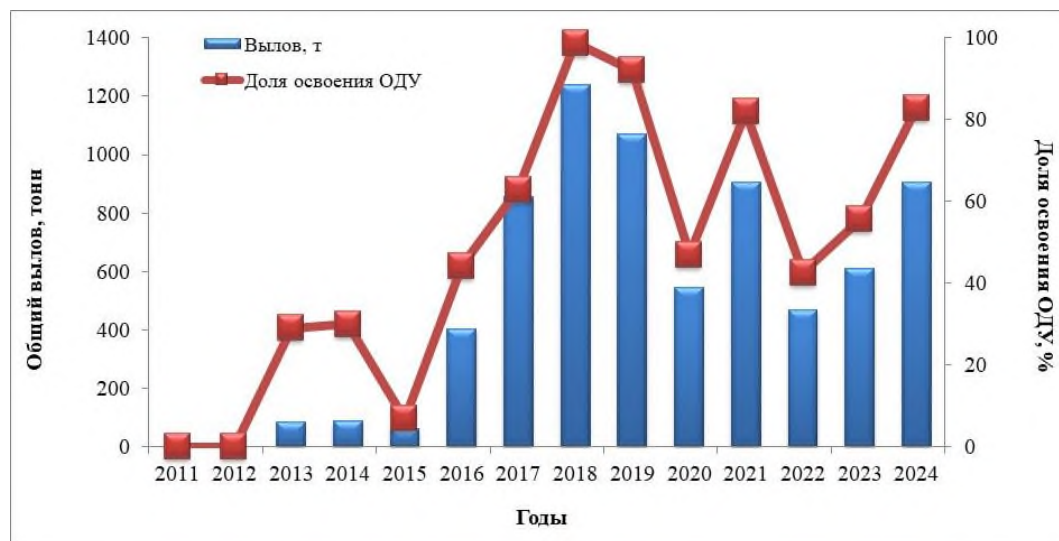


Рис. 3. Вывод и доля освоения ОДУ кукумарии японской у западного Сахалина (по данным 2011–2024 гг.).

Таблица 1

Годовой вылов и среднегодовые уловы на усилие кукумарии японской в Западно-Сахалинской подзоне (судовой промысел)

Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Вывод, т	90	63	405	855	1240	1072	545	906	467	612	906
Улов на усилие, т/траление	1,4	2,2	2,2	2,0	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5

В результате проведения комплексных траловых съемок, в водах западного Сахалина были выявлены значительные скопления кукумарии японской на участке от $45^{\circ}57'$ до $51^{\circ}06'$ с.ш., на глубинах 20-150 м (рис. 4).

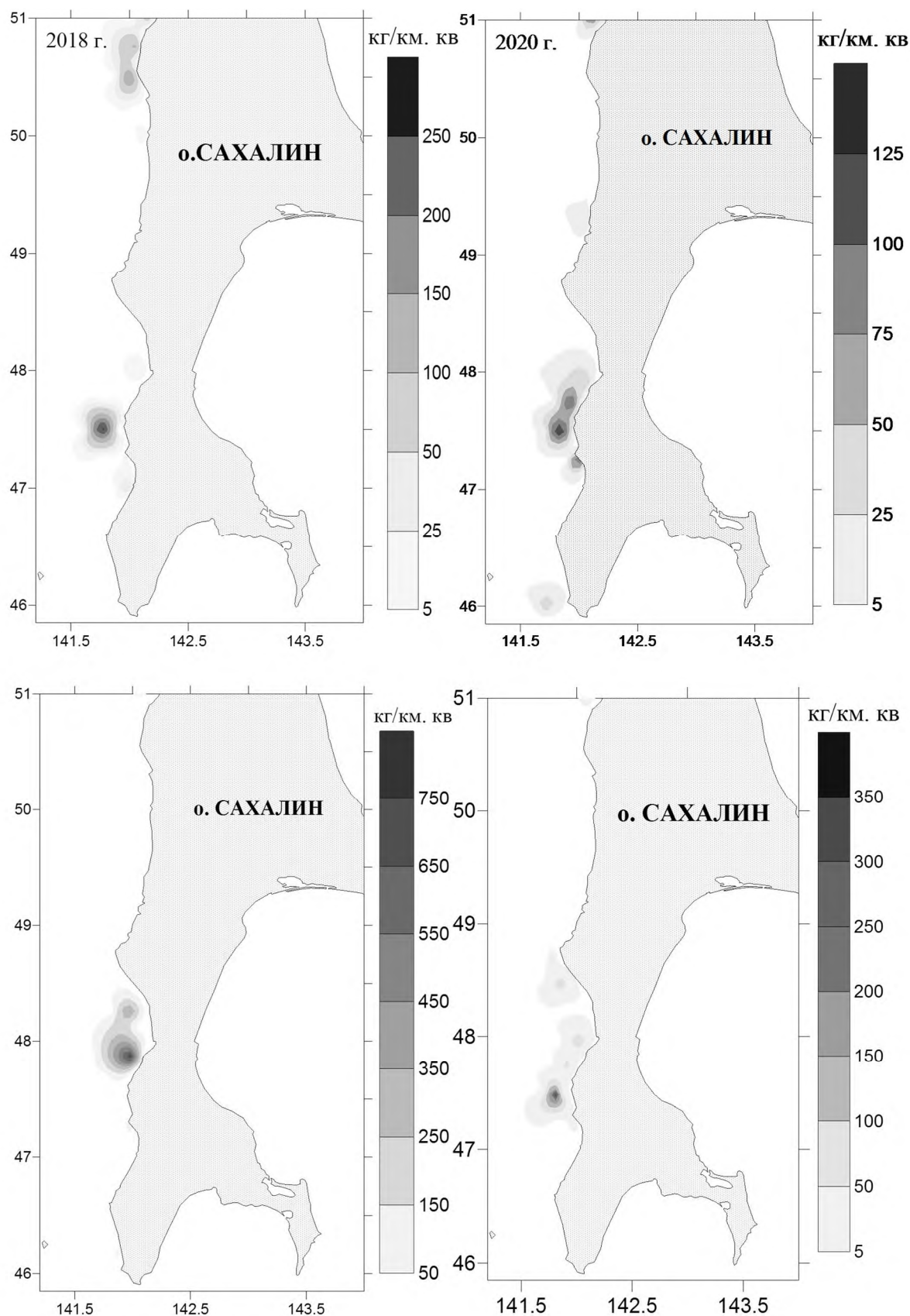


Рис. 4. Распределение промысловых особей кукумарии японской у западного Сахалина.

Биомасса, оцененная по результатам комплексных донных траловых съемок, сильно варьировалась. Данную особенность можно объяснить тем, что кукумария образует локальные скопления, приуроченные к каменистым, имеющим относительно сложный рельеф грунтам, и в отдельные годы при проведении научных съемок происходит ее значительный недоучет. Поэтому для оценки запаса кукумарии были использованы наиболее результативные данные, полученные в последние годы. Так, максимально отмеченная промысловая биомасса по результатам комплексных траловых съемок, при коэффициенте уловистости трала 0,7, составила 12552,2 т на площади 50085 км².

Водолазная съемка, выполненная в водах западного Сахалина в 2024 г. охватила участок побережья от м. Крильон до м. Ломанон и диапазон глубин от 6 до 31 метра, данные исследования позволили оценить часть запаса кукумарии не доступной к изучению с помощью донных траловых съемок. Исследования выявили значительную мозаичность скоплений кукумарии в водах западного Сахалина, в первую очередь, это объясняется особенностями грунтов западного побережья, а также сильными течениями характерными для данного района. Наибольшая плотность особей (более 100 экз. на станцию) была отмечена только на пяти станциях, на шести станциях количество особей составляло от 50 до 100 экз. Большая часть результативных станций была малочисленна, при этом более чем на половине станций кукумария не отмечалась. На всех участках отмечалась значительная доля непромысловых особей (масса КММ менее 150 г) – от 14,3 до 57,9%, что позволяет говорить о хорошей перспективе пополнения промыслового запаса кукумарии западного Сахалина. Максимальные скопления кукумарии японской отмечались на самых глубоководных станциях, на каменистых грунтах. Суммарная биомасса промысловых особей кукумарии для данных районов составляет 1687 тонн. Основные скопления кукумарии располагаются глубже, при этом, с нарастанием глубины мозаичность распределения будет сохраняться.

Поскольку промысел кукумарии в водах у западного Сахалина ведется только в последние годы, то изменение массового состава происходит в скоплениях, подверженных естественным биологическим процессам, происходящим в популяции. Масса КММ кукумарии в период с 2003 по 2009 гг. варьировала от 12 до 690 г, средний вес КММ изменялся от 162 до 249,1 г. Доля промысловых особей (с массой КММ более 150 г) составляла 35-70% улова.

В 2013 г. масса кожно-мускульного мешка кукумарии изменялась от 17 до 523 г, а в среднем составила 149,7 г (рис. 5).

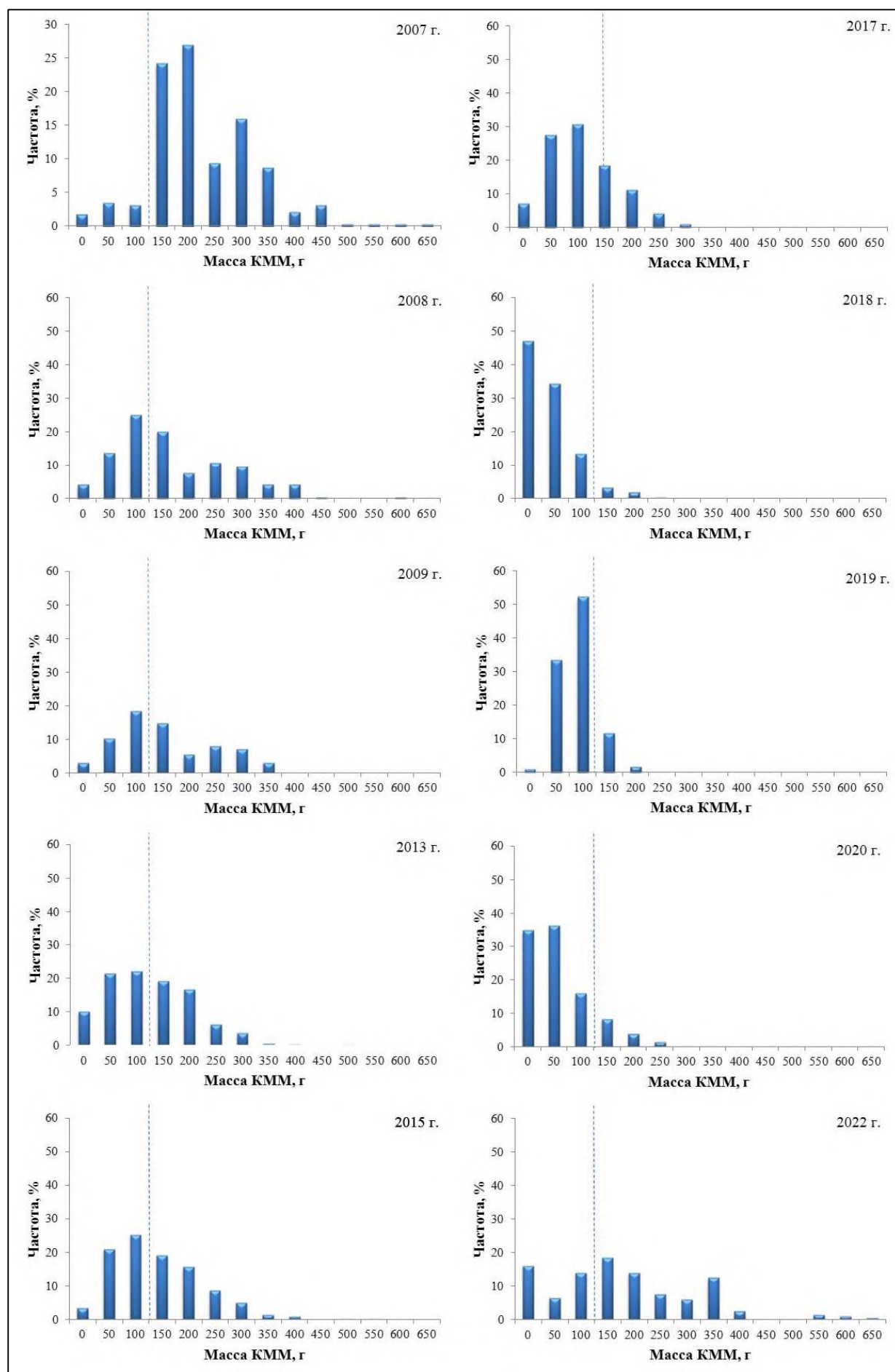


Рис. 5. Частотное распределение массы КММ кукумарии японской у западного Сахалина.

Масса кожно-мускульного мешка голотурии в 2015 г. изменялась от 10 до 552 г, а в среднем составила 165 г. Доля промысловых особей составила около 50%. В 2017 г. масса КММ изменялась от 30 до 342 г, а в среднем составила 132,2 г. Доля промысловых особей составила 30%. В 2018 г. масса КММ варьировалась от 2,0 до 252,6 г, в среднем масса КМК составила 66,3 г. В 2019 г. в уловах отмечались особи с массой КММ от 28,1 до 249,2 г, в среднем масса КММ составляла 115,8 г. В 2020 г. масса КМК варьировала от 10,8 до 275 г, и в среднем составила 83,2 г. В 2022 г., по данным траловой съемки, масса КММ кукумарии варьировала от 3 до 652 г, при среднем значении – 204,9 г. Доля промысловых особей составила 64%.

Исследования, проведенные после начала промысла, показали, что изменения в массовом составе скоплений кукумарий, из-за изъятия крупных особей, произошли в сторону снижения доли промысловых особей.

В 2024 г., по данным траловой съемки, масса КММ кукумарии варьировала от 18 до 921 г, при среднем значении – 247 г. Доля промысловых особей составила 54% (рис. 6А). По данным водолазной съемки, в более мелководной части кукумария была представлена особями с массой КММ от 43 до 427 г, при среднем значении – 174,6 г. Доля промысловых особей составила 57% (рис. 6Б).

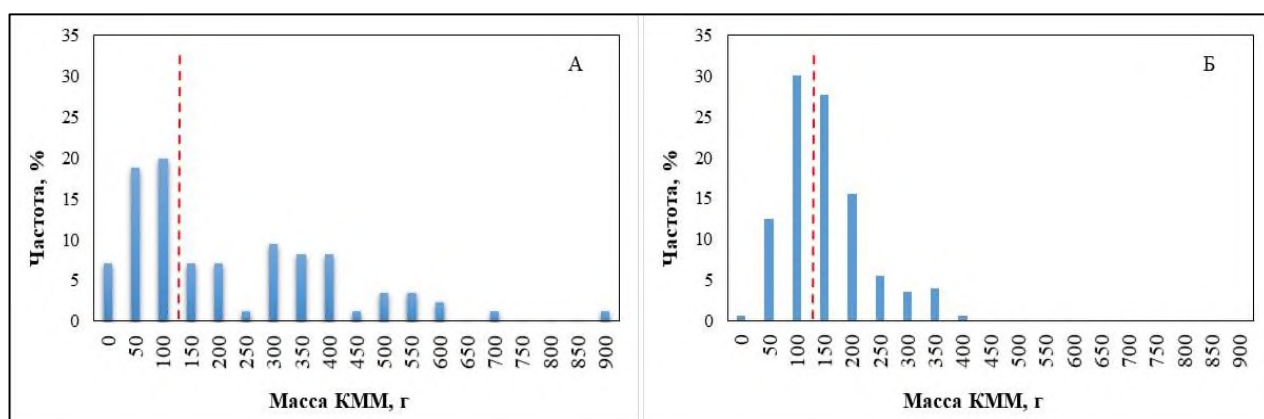


Рис. 6. Частотное распределение массы КММ кукумарии японской у западного Сахалина в 2024 г. (А – по данным траловой съемки, Б – по данным водолазной съемки).

Определение биологических ориентиров. Целевые и граничные ориентиры управления промыслом кукумарии японской западного Сахалина были найдены с помощью динамической продукционной модели Шефера [Schaefer, 1954]. Граничным ориентиром по биомассе B_{lim} служила величина, равная 20% от величины биомассы, соответствующей промысловой емкости среды кукумарии японской у западного Сахалина:

$$B_{lim}=K*20\%=13000*20\%=2600 \text{ т.}$$

Буферный ориентир по биомассе $B_{buf}=1,2*B_{lim}=3120 \text{ т.}$ Граничный ориентир по интенсивности промысла F_0 определялся исходя из объемов изъятия, необходимых для проведения НИР. В качестве целевого ориентира по интенсивности промысла F_{tr} выбрали математическое ожидание оценки максимального устойчивого вылова $(MSY/B_{MSY})=0,15$, где MSY – максимально устойчивый вылов, B_{MSY} – биомасса запаса, соответствующая максимальному

устойчивому вылову.

MSY оценивали по формуле $MSY=r*K/4=0,3*13000/4=975$ т, где K – промысловая емкость среды, r – коэффициент мгновенного популяционного роста. В качестве целевого ориентира по биомассе выбирали математическое ожидание биомассы, соответствующей B_{tr} ($B_{MSY}=K/2=13000/2=6500$ т.

Граничный целевой ориентир по интенсивности промысла F_{lim} определен как $=F_{tr}*\text{порог превышения } MSY=0,15*2=0,3$.

Обоснование правила регулирования промысла. Для осуществления оптимальной эксплуатации запаса, основываясь на принципах «предосторожного подхода», применяются следующие режимы регулирования промысла кукумарии японской западного Сахалина:

I – режим научного лова $0 < B_i \leq B_{lim}$. Если прогнозируемая величина запаса меньше или равна B_{lim} , то изъятие возможно только с целью проведения НИР. Величина рекомендуемого изъятия F_i постоянна и соответствует величине изъятия, необходимого для НИР $F_i = F_0 = \text{const}$.

II – режим восстановления запаса $B_{lim} < B_i < B_{tr}$. Если прогнозируемая величина запаса больше B_{lim} , но меньше B_{tr} , то величина изъятия устанавливается в соответствии с величиной запаса

$$F_i = \frac{(F_{tr}-F_0)(B_i-B_{lim})}{B_{tr}-B_{lim}} + F_0 \text{ [Бабаян, 2000]}.$$

III – режим постоянной интенсивности промысла $B_i > B_{tr}$. Если прогнозируемая величина запаса больше B_{tr} , то величина изъятия постоянна $F_i = \text{const} = F_{tr}$. При этом, рекомендуемый уровень изъятия не превышает 14%. Графическое представление ПРП для запаса кукумарии японской Западно-Сахалинской подзоны представлено на рисунке 7.

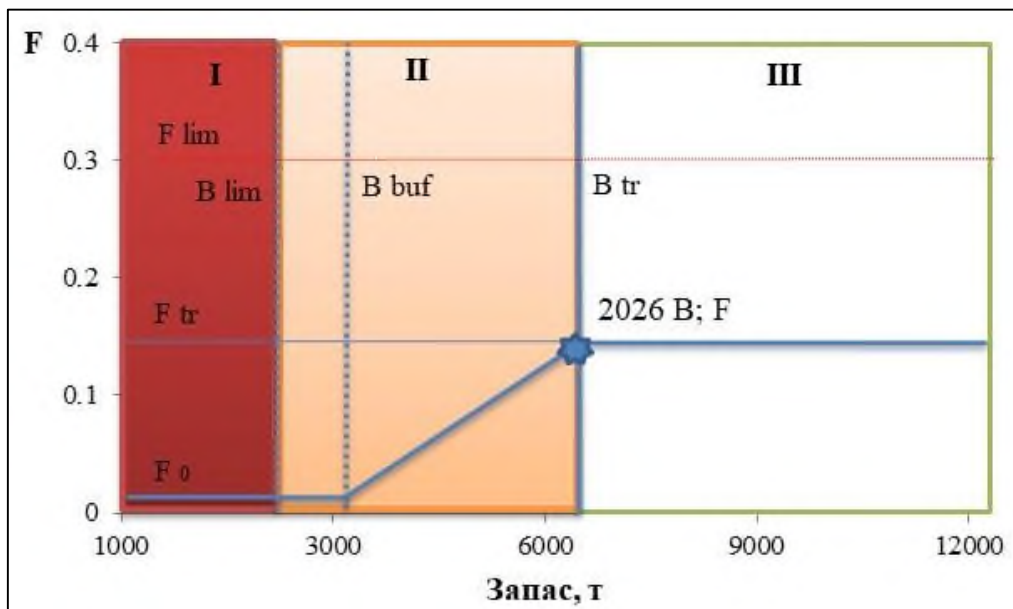


Рис. 7. Графическое представление ПРП для кукумарии японской у западного Сахалина в 2026 г. (I – режим научного лова; II – режим восстановления запаса; III – режим постоянной интенсивности промысла).

Прогнозирование состояния запаса Расчет запаса кукумарии японской западного Сахалина в 2026 г. был выполнен с помощью продукционной

модели Шефера [Schaefer, 1954], основанной на изменении производительности промысла как показателя состояния всей популяции. Дискретная форма записи модели имеет вид:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t(1 - \frac{B_t}{K}) - C_t,$$

где B_t – численность в году t , C_t – вылов в году t , K – промысловая емкость среды, r – коэффициент мгновенного популяционного роста.

Ненаблюдаемая переменная B_t была выражена через наблюдаемый показатель относительной численности (I_t), рассчитанный по результатам оценки биомассы и численности. Для этого воспользовались формулой:

$$I_t = qB_t e^{\epsilon},$$

где q – коэффициент улавливаемости, ϵ – остаточная погрешность, имеющая логнормальное распределение [Haddon, 2001].

Для настройки всего моделируемого процесса были заданы априорные распределения для параметров q , r , K и B_0 . Для исключения некорректной оценки параметров были заданы пределы значения на основе наблюдаемых данных, в пределах которых происходил поиск оптимального решения. Затем, используя формулу Байеса и данные наблюдений, было получено целевое или общее апостериорное распределение, статистические показатели которого являются искомыми оценками параметров модели (промысловая емкость среды $K=13000$; коэффициент мгновенного популяционного роста $r=0,3$; коэффициент улавливаемости $q=0,9$).

По результатам моделирования, прогноз промыслового запаса кукумарии японской западного Сахалина в 2026 г. находится в диапазоне 5160-7740 т при математическом ожидании – 6450 т (рис. 8).

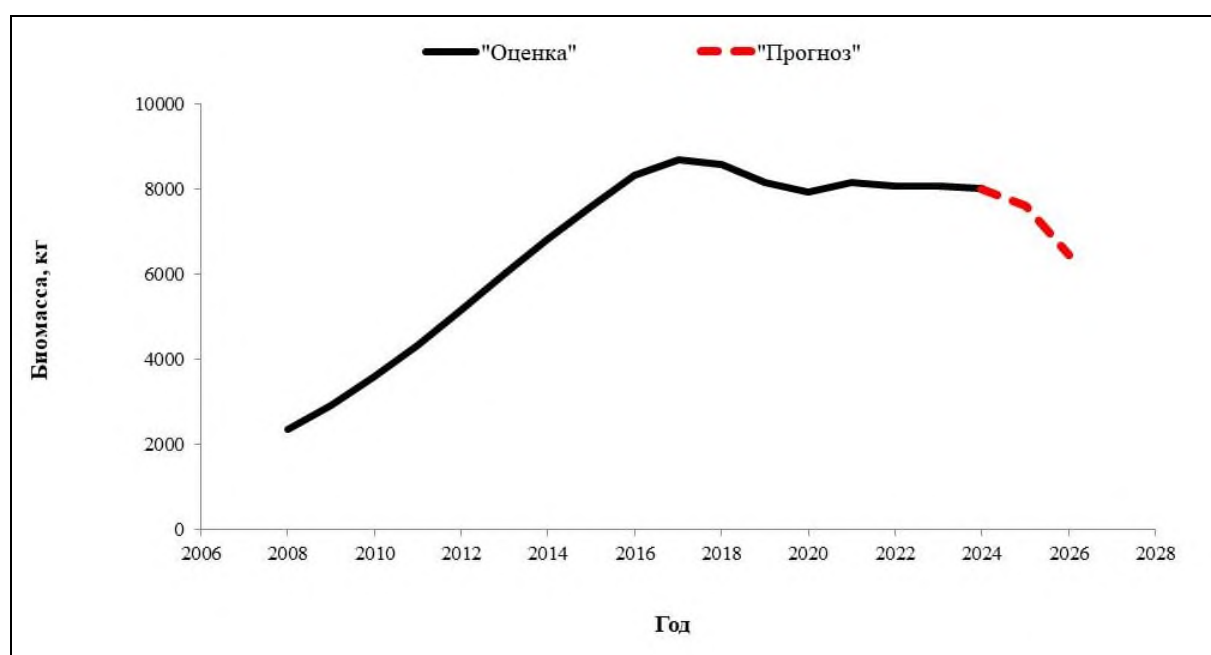


Рис. 8. Математическое ожидание биомассы кукумарии японской у западного Сахалина в 2008-2024 гг. и прогноз на 2025-2026 гг.

Обоснование объема ОДУ. Результаты анализа биологического состояния запаса, данных промысловых съемок и промысловой статистики свидетельствуют о стабильном состоянии запаса кукумарии японской в Западно-Сахалинской подзоне. Прогнозируемая величина запаса кукумарии японской западного Сахалина на 2026 г. больше значения B_{tr} , в рамках «предосторожного» подхода необходимо вести промысел в режиме постоянной интенсивности промысла.

Величина запаса японской кукумарии западного Сахалина в 2026 г. прогнозируется на уровне 6450 т. F_{tr} для данного района определяется на уровне 0,15, при данном уровне коэффициента мгновенной промысловой смертности доля изъятия составит 14%. При таком подходе, ОДУ кукумарии в Западно-Сахалинской подзоне в 2026 г. может составить 0,903 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ кукумарии в Западно-Сахалинской подзоне на 2026 г. в объеме 0,903 тыс. т.**

Трепанг дальневосточный (*Apostichopus japonicus*)

61.04 – зона Южно-Курильская

Исполнитель: В.А. Сергеенко (СахНИРО)

Куратор: М.В. Переладов (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. Исследовательские работы по трепангу у о. Кунашир начаты в 1992 г. Однако, первые данные, позволившие составить относительно полное представление об особенностях распределения голотурии, были получены только в 2000-2002 гг. Информационная база прогноза ОДУ на 2026 г. обеспечивается результатами исследований, проведенных на промысле трепанга в 2019-2020 гг. Учтены материалы съемок 2000-2002 гг., 2005-2008 гг., 2010, 2012, 2015 гг. Использованы данные промысловой статистики 2013-2014 и 2018-2020 гг.

Изучение численности трепанга проводилось с помощью водолазов. В 2012 г. водолазная съемка осуществлялась по разрезам, было выполнено 30 разрезов. На каждом разрезе выполняли водолазные станции в диапазоне глубин 3-10 м, 15 м, 20 м, 25 м, 30 м. Всего было выполнено 146 водолажных станций. При проведении водолажной съемки использовали метод площадного учета [Скарлато, Голиков, 1964, Левин, 1994]. Для определения численности трепангов на каждой станции водолаз подсчитывал всех встречающихся особей на определенной площади (около 50-150 м) и безвыборочно собирал голотурий на промеры и биологический анализ. Кроме того, до введения запрета на промысел в 2008 г., выполнялся количественный учет трепангов по результатам сбора водолазов [Левин, Шендеров, 1975].

В октябре 2019 г. собран материал на промысле трепанга и проведен количественный учет трепангов по результатам сбора водолазов [Левин, Шендеров, 1975]. Всего было выполнено 81 водолажное погружение.

В июне 2020 г. был собран материал на промысле трепанга и после длительного перерыва были вновь обследованы северные участки побережья о. Кунашир на глубинах от 20 до 51 м. Осуществлялся количественный учет трепангов по результатам сбора водолазов, всего было выполнено 270 водолажных погружений. Облавливаемая площадь при одном погружении водолаза составляла около 400-800 м², в зависимости от глубины и, соответственно, времени работ. В дальнейшем на обследованном участке вычислялся средний показатель биомассы трепанга (г/м²). Также, был обследован и традиционный южный участок обитания трепанга.

Запасы оценивали методом площадей [Аксютин, 1968], исходя из усредненных данных по биомассе на каждой станции для площади с изобатами 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 м, ширины прибрежного участка, занятого скоплением с определенной биомассой, и его протяженности вдоль берега. Характеристикой биологического состояния запаса трепанга служит масса кожно-мускульного мешка (КММ).

По данным 2000-2002 гг. были получены параметры роста и возрастные характеристики особей трепанга. Оценку параметров роста уравнения Бергаланфи, общей смертности и модальный анализ выполняли при помощи программ и методов пакета FISAT (FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools) [Gayanillo et al., 1996].

Обоснование метода выбора оценки запаса. В целом, информационную обеспеченность прогноза можно признать удовлетворительной. Имеющиеся многолетние данные по годовому вылову и уловам на усилие позволяют производить оценку запасов только с помощью продукционных моделей. Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования ПРП на основе принципа предосторожного подхода.

Оценку и прогнозирование запаса выполнили с использованием модели Деризо-Шнюте [Hilborn, Walters, 2001; Schnute, 1987].

В качестве входных данных для модели использовали данные об удельной биомассе (г/км²) за 2000-2015 и 2019-2020 гг., результаты оценки запаса методом прямого учета и сведения о годовом изъятии, полученные из данных промысловой статистики. В некоторые годы акватория обитания трепанга была обследована не полностью, поэтому использовали данные прямого учета за 2005, 2006, 2012, 2019 и 2020 гг.

Уравнение модели имеет вид:

$$B_t = e^{-M}(1 + \rho)(B_{t-1} - Y_{t-1}) - \rho e^{-2M} \left(1 - \frac{Y_{t-1}}{B_{t-1}}\right) (B_{t-2} - Y_{t-2}) - e^{-M} \left(1 - \frac{Y_{t-1}}{B_{t-1}}\right) \rho w_{a_R-1} R_{t-1} + w_{a_R} R_t.$$

Здесь t – год промысла, a_R – возраст пополнения, w_{a_R} , w_{a_R-1} – соответственно, средний вес рекрута и пререкрута, кг, B_t – общая биомасса промыслового запаса в год t , кг, Y_t – вылов в единицах биомассы в год t , кг, R_t – численность особей, впервые вступивших в промысел в год t , экз., M – мгновенный коэффициент естественной смертности, ρ – коэффициент Броуди в уравнении Форда-Уолфорда, описывающем рост.

Принимали, что зависимость запас-пополнение описывается уравнением Рикера, и что промысловый запас пропорционален нерестовому, и таким образом:

$$R_t = \gamma (B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1}) e^{-\delta (B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1})},$$

где γ , δ – коэффициенты в уравнении «запас-пополнение».

Из уравнения модели следует уравнение для оценки емкости среды, или девственной биомассы B_V :

$$B_V = -\frac{1}{\delta} \ln \frac{(1+\rho)e^{-M} - \rho e^{-2M}}{\gamma(w_{a_R-1}\rho e^{-M} - w_{a_R})}.$$

Чтобы избавиться от коррелированности девственной биомассы и параметров модели, что искажает оценку параметров при выполнении сэмпирования, использовали приведенные величины [Meyer, Millar, 1998]:

$P_t = \frac{B_t}{B_V}$, $r_t = \frac{R_t}{B_V}$, $k = \frac{1}{B_V}$. Уравнение зависимости численности пополнения от биомассы запаса линеаризовали.

Для того, чтобы разделить шумы процессов динамики биомассы и пополнения и ошибки наблюдения, представили модель в форме пространства состояний.

Таким образом, используемая модель включает два уравнения процесса:

$$P_t = e^{-M}(1 + \rho)(P_{t-1} - kY_{t-1}) + w_{a_R}R_t - \rho e^{-2M} \left(1 - \frac{kY_{t-1}}{P_{t-1}}\right) (P_{t-2} - kY_{t-2}) - e^{-M} \left(1 - \frac{kY_{t-1}}{P_{t-1}}\right) \rho w_{a_R-1}R_{t-1} + \epsilon_1;$$

$$\ln r_t = \ln \gamma + \ln(P_{t-4} - kY_{t-4}) - \frac{\delta}{k} (P_{t-4} - kY_{t-4}) + \epsilon_2.$$

И одно уравнение наблюдения:

$$U_{i,t} = Q_i P_t + \theta_i.$$

Здесь $Q_i = q_i B_V$, q_i – коэффициент улавливаемости, $U_{i,t}$ – биомасса на единицу промыслового усилия, в год t , кг для i -го индекса наблюдения, в данном случае, это улов на судо-сутки по данным промысловой статистики, оценки запаса по данным ОМЛ ФК и ловушечных съемок, ϵ_1 , и θ_i , соответственно, шумы процессов и ошибка наблюдения, нормально распределенные случайные величины с нулевым средним и стандартными отклонениями, соответственно, σ_{proc} и σ_{obs} .

Для оценки параметров модели с запаздыванием, использовали байесовский алгоритм сэмплирования Монте-Карло по схеме марковской цепи [Meyer, Millar, 1998]. Реализацию модели выполняли в программе JAGS (генерация марковских цепей, сэмплирование) с интерфейсом для среды R (ввод и предварительная обработка исходных данных, анализ полученных результатов).

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. В районе исследований трепанг создает скопления на каменистых грунтах и отсутствует на участках, где распространены песчаные грунты. Распространение трепанга определяется шириной и протяженностью каменистых подводных ландшафтов в прибрежье, прерываемых в отдельных местах песчаными плато, общей протяженностью 17,8 км. Каменистые биотопы расположены вдоль берега на протяжении около 135 км, а их ширина в диапазоне глубин 0-50 м изменяется от 0,64 до 2,1 км. Общая площадь каменистых биотопов в данном диапазоне глубин составляет около 123 км². Схема района исследований и обитания трепанга показана на рисунке 1. В 2019 г. из-за частых осенних штормов на промысле трепанга был обследован только южный участок обитания, а в 2020 г. были обследованы участки побережья севернее м. Столбчатого (рис. 2). В июне-июле 2020 г. был обследован северный участок у м. Ловцова (рис. 3).

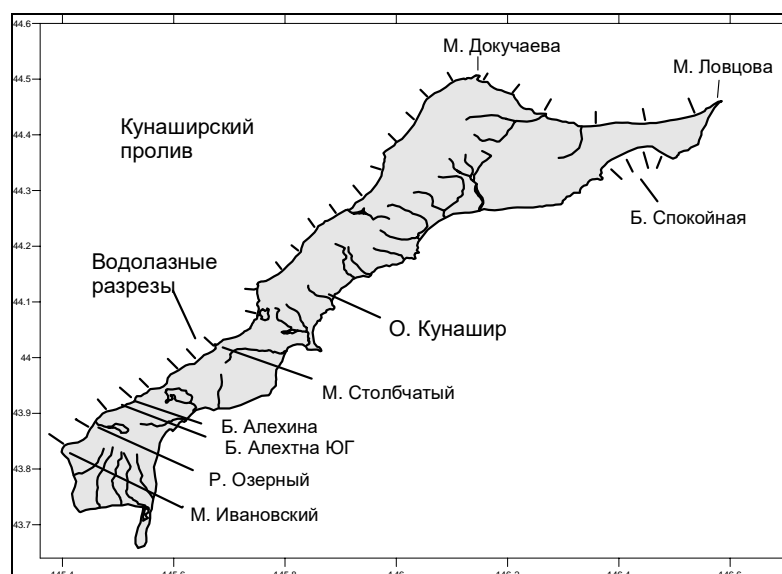


Рис. 1. Карта-схема района исследований в местах обитания трепанга у о. Кунашир

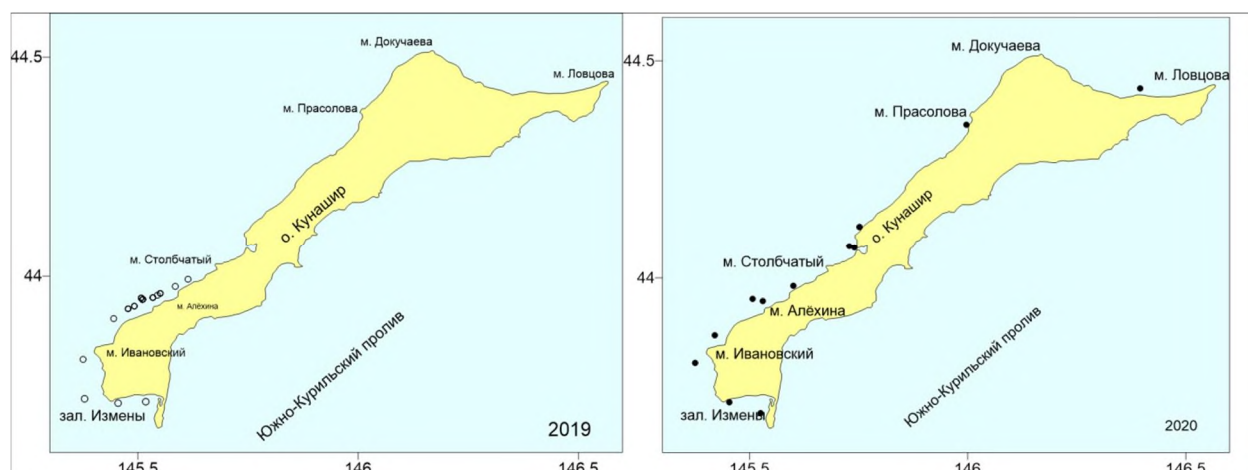


Рис. 2. Карта-схема района работ у западного побережья о. Кунашир в октябре-ноябре 2019 г. и в июле-ноябре 2020 г.

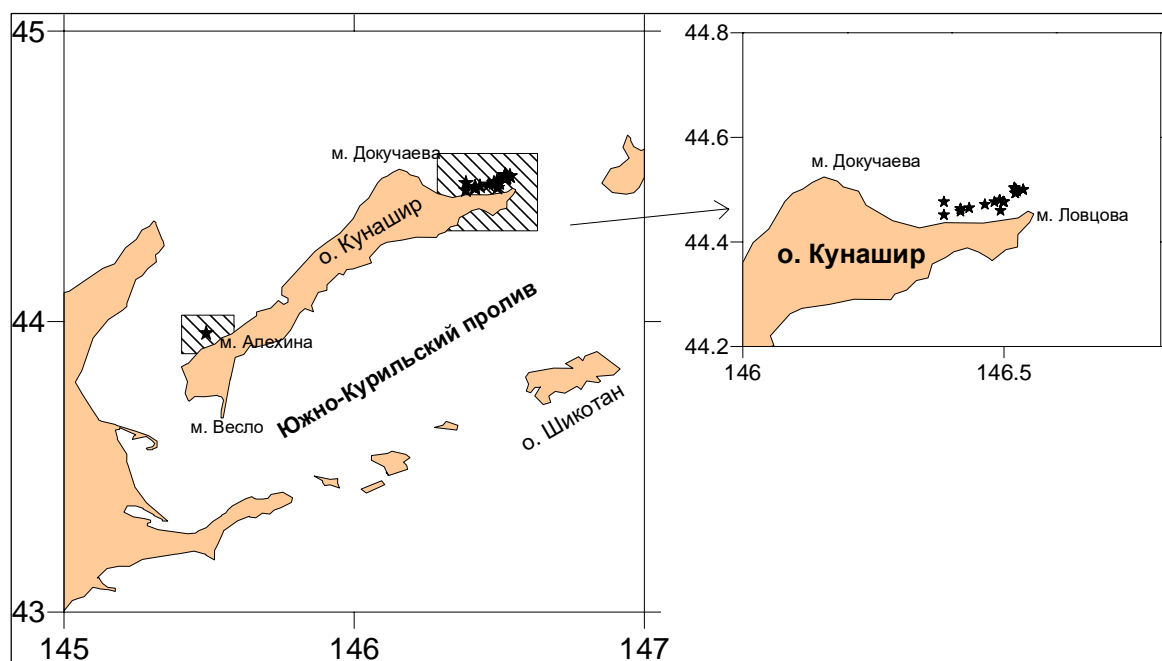


Рис. 3. Карта-схема района работ у северного побережья о. Кунашир в июне-июле 2020 г.

Первые данные, позволившие составить относительно полное представление об особенностях распределения трепанга в прибрежье острова Кунашир, были получены в 2000 г. До этого периода скопления облавливались очень незначительно, и поэтому можно считать, что популяция находилась под влиянием только естественных факторов. Весовой состав скоплений трепанга в 2000, 2002 гг. и в последующие годы представлен на *рисунке 4*. Относительно 2006-2007 гг., средняя масса кожно-мускульного мешка (КММ) в последние годы имеет более высокое значение и соответствует показателям 2000 и 2002 гг. Так, в 2000 и 2002 гг. средняя масса КММ составляла 139,2 и 132,3 г, соответственно, а в 2006-2007 гг. – 118,0 и 109,2 г, соответственно. В 2010 г. данный показатель был равен 135,0 г.

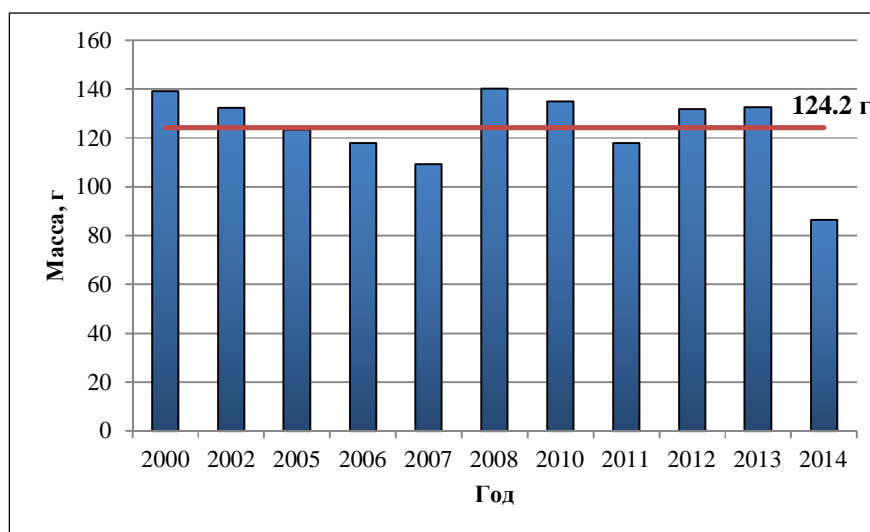


Рис. 4. Масса КММ трепанга дальневосточного у о. Кунашир в 2000-2014 гг.

По данным исследований 2012-2013 гг., средняя масса КММ трепангов составила, соответственно, 131,8 и 132,7 г. В 2014 г., по результатам промысловых сборов, средняя масса КММ составила 86,5 г, что значительно ниже среднемноголетнего уровня (124,2 г). В 2015 г. оценивалась только плотность поселений трепанга. В 2019 г., по результатам промысловых сборов, средняя масса КММ составила 94,1 г, что выше уровня 2014 г., но ниже среднемноголетнего уровня (124,2 г).

В 2019 г. в промысловых уловах масса КММ трепанга варьировалась от 19 до 277 г (в среднем – $94,1 \pm 3,7$ г). Модальная группа молоди с массой 40-60 г была равна 24,1%. Доля пререкрутов с массой 80-100 г составляла 19,7%. (*рис. 5*). Доля промысловых особей с массой КММ 100 г и более составляла 34,5%. Средний вес промысловых особей равен $152,4 \pm 5,3$ г.

В 2020 г. в промысловых уловах масса КММ трепанга варьировалась от 23 до 303 г (в среднем – $104,3 \pm 0,8$ г). Модальная группа молоди с массой 60-80 г была равна 20,6%. Доля пререкрутов с массой 80-100 г составляла 14,7%. Доля молоди с массой 60-80 г была выше, чем в 2019 г. и составляла 20,6% (*рис. 5*). Все это свидетельствует о хорошем пополнении молодью трепанга его популяции у о. Кунашир. Средний вес промысловых особей равен 138,2

$\pm 0,8$ г. В сравнении с 2019 г., доля промысловых особей с массой КММ 100 г и более существенно увеличилась и составляла 50,6%.

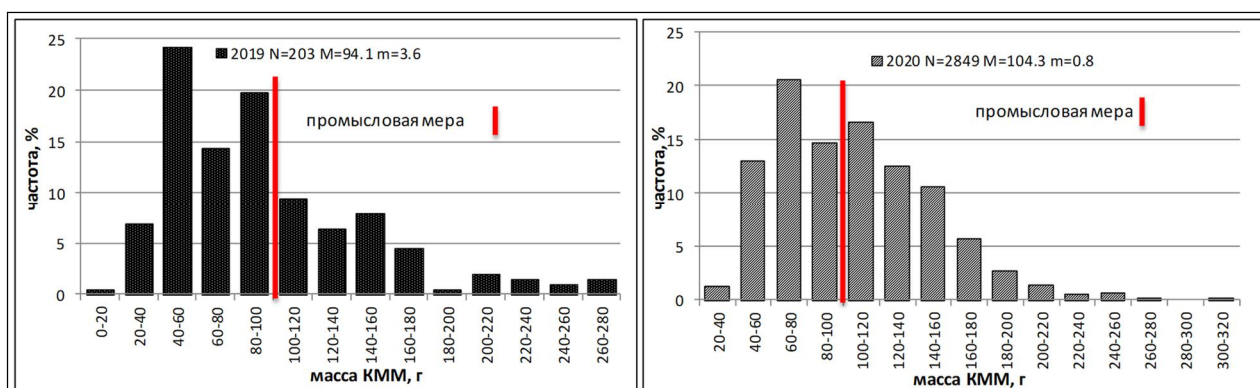


Рис. 5. Весовой состав трепанга дальневосточного по массе кожно-мышечного мешка у о. Кунашир в 2019-2020 гг.

В 2012 г. трепанг встречался в диапазоне глубин от 3 до 30 м, на 113 станциях из 146 станций (77% встречаемости). Средние показатели его биомассы и численности составили, соответственно: $10,4 \pm 0,7$ г/м² и $0,08 \pm 0,004$ экз./м², и варьировались в пределах 1,1–40,2 г/м² и 0,01–0,23 экз./м². Встречаемость различных показателей биомассы трепанга в 2012 г. представлена на *рисунке 6*. Наиболее часто на станциях отмечалась биомасса до 12 г/м² – 69% станций. Показатели от 12 до 20 г/м² встречались на 17%, а от 20 до 42 г/м² на 7% станций. Распределение биомассы трепанга зависело от глубины. На глубинах до 20 м она составляла $5,0 \pm 0,7$ г/м², в пределах глубин 21-30 м – $12,2 \pm 1,0$ г/м². Коэффициент корреляции составил 0,43.

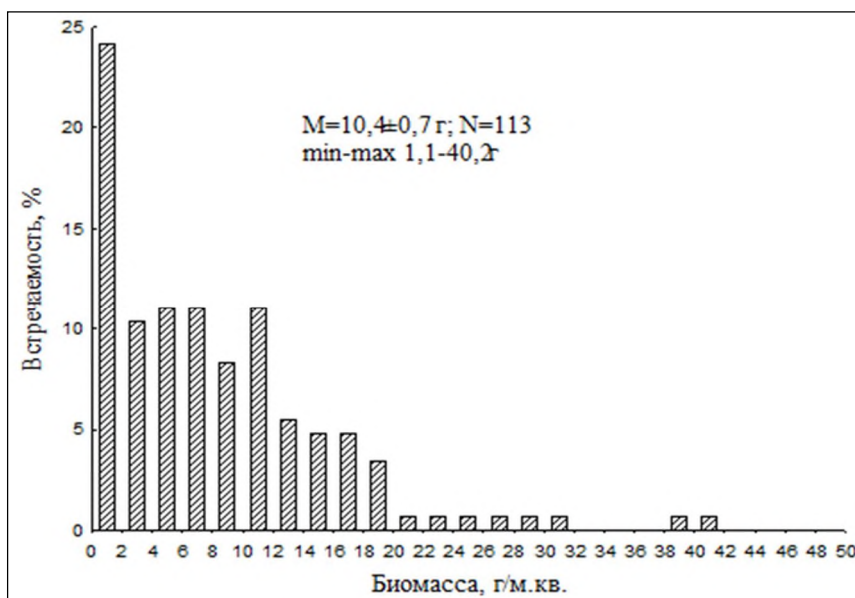


Рис. 6. Распределение биомассы трепанга на водолазных станциях в 2012 г.

Каменистые биотопы, характерные для трепанга, располагаются вдоль берега на протяжении около 135 км, а их ширина в диапазоне глубин до 50 м изменяется от 0,64 до 2,1 км. Общая площадь в данном диапазоне глубин

составляет около 123 км². На большей площади (63,0 км²) средняя биомасса трепанга составляла 10,2 г/м². Участки с биомассой более 16 г/м² занимали площадь около 22,1 км² (табл. 1). Общий запас, рассчитанный по массе КММ, составил около 1287,3 т. Средневзвешенная масса КММ трепанга для Южно-Курильского района составляет около 72% от общей массы тела, поэтому при пересчете в живой вес общий запас трепанга составит около 1787 т. Доля непромысловых особей в водолазных сборах составила 28%, а их масса – около 10%. Таким образом, промысловый запас трепанга для обследованной площади, составит около 1608 т.

Таблица 1

Распределение биомассы трепанга в прибрежье о. Кунашир в 2012 г.

Участки с биомассой, г/м ²	Биомасса, г/м ²	Площадь участка, км ²	Запас, т
0	0	31,2	0
0,1-6	3,7±0,2	36,9	136,5
6-16	10,2±0,4	63,9	652,4
16-25	18,4±0,6	16,0	294,2
25-41	33,2±3,0	6,1	204,2
Всего			1287,3

Примечание: расчеты биомассы по массе кожно-мышечного мешка

В 2019 г., в период проведения промысла у юго-западного побережья о. Кунашир, трепанг встречался в диапазоне глубин от 30 до 40 м на 81 станциях из 81 (100% встречаемости). В интервале глубин 30-35 м удельные показатели численности варьировались в пределах 0,018-0,79 экз./м² (средняя – 0,28 экз./м²), биомасса колебалась в пределах 3-46 г/м² (средняя – 21,05 г/м²). В интервале глубин 35-40 м удельные показатели численности варьировались в пределах 0,09-0,9 экз./м² (средняя – 0,33 экз./м²), биомасса колебалась в пределах 8-43 г/м² (средняя – 23,1 г/м²). В целом, в интервале глубин 30-40 м средние показатели его численности и биомассы составили 0,3±0,09 экз./м² и 21,8±3,7 г/м², соответственно, и варьировались в пределах 0,018-0,79 экз./м² и 3-46 г/м². Наиболее часто на станциях отмечалась биомасса в пределах 16-35 г/м² – 56,8% станций. Показатели от 1 до 15 г/м² встречались на 30,8%, а от 36 до 50 г/м² – на 12,3% станций. Распределение биомассы трепанга зависело от глубины, и, в сравнении с предыдущими годами, промысловые показатели скоплений трепанга показывают её увеличение. На глубинах до 20 м она составляла 5,0±0,7 г/м², в пределах глубин 21-30 м – 12,2±1,0 г/м², в пределах глубин 30-40 м – 21,8 г/м². В 2019 г., в сравнении с показателями биомассы трепанга в 2012 г., удельные показатели биомассы находятся на стабильном уровне.

В 2020 г., в период проведения промысла у северного побережья о. Кунашир у м. Ловцова, трепанг встречался в диапазоне глубин от 40 до 50 м на 260 водолажных станциях из 260 (100% встречаемости). В интервале глубин 40-50 м удельные показатели численности варьировались в пределах 0,08-0,45 экз./м² (средняя – 0,28 экз./м²), биомасса колебалась в пределах 8,3-

46,9 г/м² (средняя – 29,1 г/м²). В 2020 г., в сравнении с показателями биомассы трепанга в 2012 г., на северном участке побережья расчетные показатели биомассы находятся на более высоком уровне.

По результатам 2019 г. рассчитана биомасса трепанга дальневосточного на юго-западном побережье, по результатам 2020 г. – на северном участке (табл. 2). Общая площадь в данном диапазоне глубин составляла около 126 км². Учитывая, что в осенний период, в основном, промысел проводится на южных промысловых участках, в сравнении с показателями биомассы трепанга в 2012 г., снижения промысловых показателей не отмечено и современные средние показатели биомассы находятся на стабильном уровне. На северном участке доля промысловых особей составляла 50,6%, что вполне сопоставимо с прошлыми годами.

Таблица 2

Распределение биомассы трепанга в прибрежье о. Кунашир в 2019 и 2020 гг.

Участки с биомассой, г/м ²	Биомасса, г/м ²	Площадь участка, км ²	Запас, т
0,1-5	3,5±0,2	36	126
5-15	9,8±0,4	63	617
15-40	21,8±3,7	22	480
41-50*	29,1±5,1	5	145,5
Всего			1368,5

Примечание: расчеты биомассы по массе кожно-мускульного мешка трепанга,

* – северное побережье, по данным 2020 г.

Общий запас трепангов, рассчитанный по массе КММ, составил около 1368,5 т. Средневзвешенная масса кожно-мускульного мешка (КММ) трепанга для зоны Южно-Курильского района – 72% от общей массы тела. Соответственно, при пересчете в живой вес, общий запас трепанга составит около 1779 т. Доля промысловых – 50,6%.

По данным 2020 г. получили расчетную оценку общего запаса трепанга, равную 1779 т, промыслового – 910 т. В 2020 г. промысловая биомасса, в сравнении с 2019 г., существенно увеличилась, что связано с увеличением доли промысловых особей (табл. 3).

Таблица 3

Динамика биомассы трепанга у о. Кунашир в 2000-2020 гг.

Год	Площадь участка, км ²	Относительная биомасса, т/км ²	Запас, т	
			общий	промысловый
2000	16,9	69,9	1181,2	473,4
2002	53,0	58,5	3103,9	2544,3
2005	157,5	17,2	2711,8	2470,3
2006	157,5	15,2	2398,5	2340,5
2007	69,7	9,1	636,4	602,2
2008	69,7	8,6	602,2	552,2
2010	79,9	9,4	742,4	668,2
2012	122,9	14,4	1787,3	1608
2019	122	13,8	1698	587
2020	126	14,1	1779	910

В разные годы запас рассчитывался для различной площади. В отдельные годы не обследовались участки с глубинами более 20 м, затем – 30 м, кроме того, иногда не проводились работы в охранных зонах заповедника «Курильский». Все это несколько затрудняло анализ динамики ресурса, поэтому более точно его состояние может отразить относительная биомасса (рис. 7).

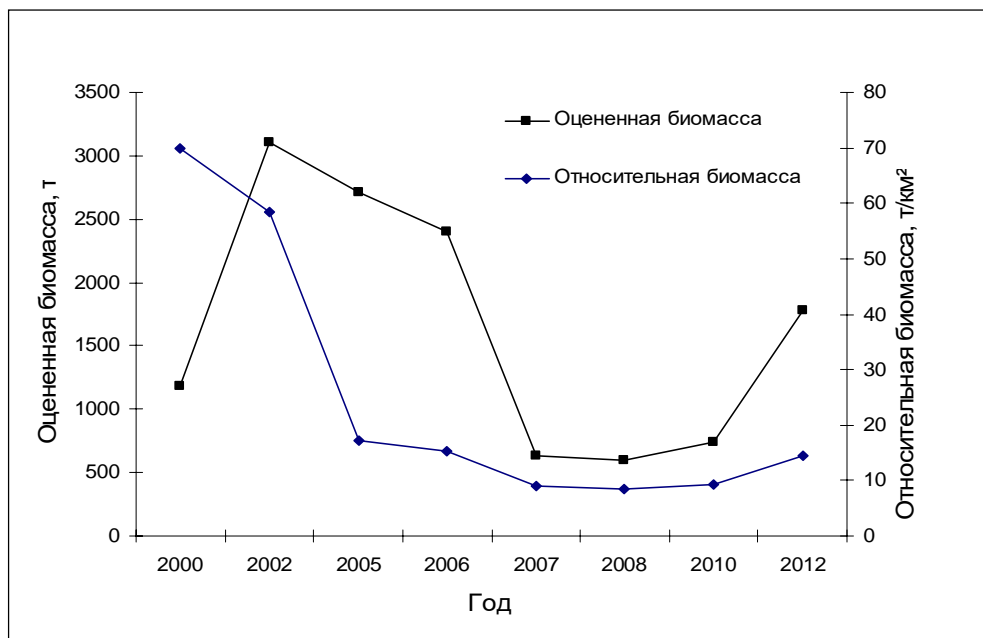


Рис. 7. Относительная и оцененная биомасса трепанга дальневосточного у о. Кунашир в различные годы.

После 2000-2002 гг. относительная биомасса трепанга снизилась с 60-70 т/км² до 15-17 т/км² в 2005-2006 гг. В 2007 г. она составляла уже 9,1 т/км², и данные показатели стабилизировались на относительно низком уровне до 2010 г. В 2012 г. происходит заметное увеличение относительной биомассы в 1,5 раза – от 9,4 т/км² до 14,4 т/км². Общая и промысловая биомасса возросли более чем в 2,4 раза.

Наблюдаемый рост биомассы может являться следствием запрета на промысел, который действовал с 2009 г. по 2013 г. Данные промысла 2013 г. подтверждали увеличение биомассы. Так, улов водোлаза формируется на площади в пределах 400-800 м². Средний улов в 2013 г. составил 16,4 кг. Произведя расчеты, получим, что средняя биомасса на промысловых участках варьировалась в пределах 20,5-41,0 г/м², что является относительно высоким показателем. В 2014 г. улов на усилие оказался немного ниже и составил в среднем 12,9 кг.

Сравнение уловов на усилие в 2019 г. с прошлыми годами показывает снижение уловов на водолаза. Ежесуточные уловы колебались от 73,5 до 242 кг и составляли, в среднем, 147,3 кг (рис. 8А). Дневной улов 1-го водолаза варьировался в пределах 9,5-59 кг. При этом, среднесуточный улов 1-го водолаза равнялся, в среднем, 29,3 кг. Улов на усилие (одно погружение и один кислородный баллон) колебался от 1,5 до 23 кг, в среднем составил 10,9 кг.

В 2020 г. суточные уловы существенно увеличились и колебались от 206 кг до 1148 кг, в среднем составляли 755,6 кг (рис. 8Б, табл. 4). Дневной улов 1-го водолаза колебался в пределах 28-179 кг, при этом, среднесуточный улов 1-го водолаза составлял, в среднем, 69 кг. Улов на усилие (улов на один кислородный баллон) колебался в пределах 10-59,7 кг. Средние уловы одного водолаза изменялись от 10,3 до 38,5 кг, средний – 25,6 кг (табл. 4).

Эффективность работы, главным образом, зависит от плотности скоплений животных и профессионального опыта каждого конкретного водолаза, что является основными составляющими при водолажном промысле гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе.

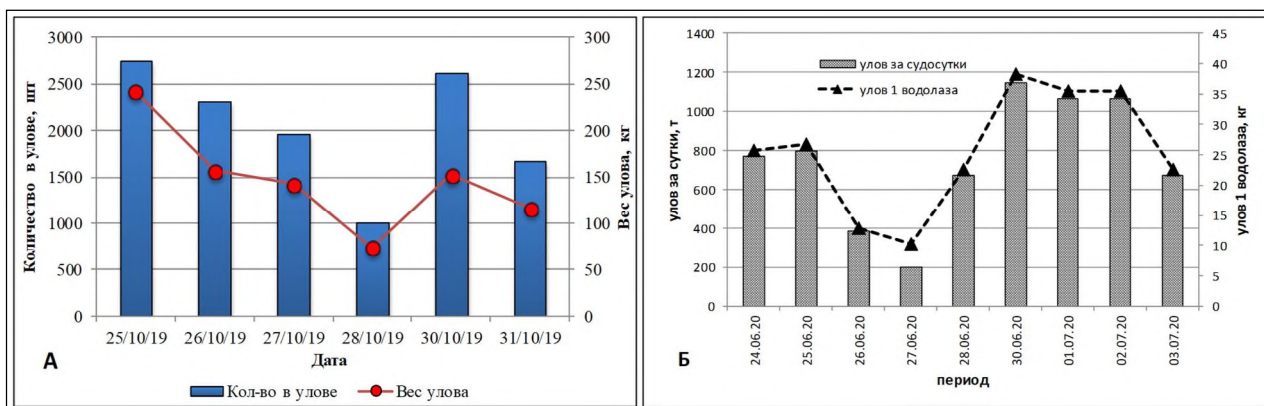


Рис. 8. Динамика уловов трепанга дальневосточного в октябре 2019 г. у юго-западного побережья (А) и в июне 2020 г. у северного побережья (Б) о. Кунашир.

Таблица 4

Промысловые уловы трепанга дальневосточного в июне-июле 2020 г. у о. Кунашир

Район работ	о. Кунашир (м. Водопадный – м. Ловцова)				
Дата	Суточный вылов, кг	Количество погружений	Средний улов одного водолаза, кг	Интервал глубин, м	Количество водолазов
24.06.2020	773	3	25,8	40–50	10
25.06.2020	802	3	26,7	45–51	10
26.06.2020	388	3	12,9	40–50	10
27.06.2020	206	2	10,3	40–50	10
28.06.2020	679	3	22,6	40–50	10
30.06.2020	1148	3	38,3	40–50	10
01.07.2020	1065	3	35,5	40–50	10
02.07.2020	1066	3	35,5	40–50	10
03.07.2020	674	3	22,5	40–50	10
Всего	6801	26	25,6	40–51	10

Значительное снижение запаса трепанга в 2007 и 2008 гг., и площади его распространения, является результатом чрезмерного браконьерского промысла. По неофициальным данным, ежегодная добыча трепанга браконьерским образом до 2004 г. составляла не менее 1000 т. В настоящее время интенсивность браконьерского вылова значительно снизилась, что и отразилось на увеличении промысловых характеристик скоплений трепанга. Необходимо отметить, что существовавший с 2003 г. промысловый лимит

трепанга в 100-110 т, при условии только его реализации, не мог отрицательно сказаться на численности голотурий. Ранее осуществлялись кратковременные погружения на отдельных участках до глубин 50-60 м, которые показали, что и на относительно больших глубинах, недоступных для активной деятельности водолазов, встречаются скопления данного вида. Исследования 2020 г. подтвердили эти данные. При наличии миграций, они могут пополнять относительно мелководные группировки голотурий. Ценность глубинных группировок трепанга заключается в том, что они являются своеобразным «резервом», пополняющим «маточное» стадо на мелководных участках в период нереста, обеспечивая возможность воспроизводства.

В 2014 г. обследование поселений дальневосточного трепанга было выполнено у о. Кунашир на небольшом участке северного побережья, от м. Докучаева до б. Водопадной, и у западного побережья – от м. Спиридонова до м. Ивановского. Трепанг встречался на глубинах от 6 до 30 м на песчано-илистых и каменистых грунтах. Частота встречаемости составляла 16,7%. Удельная плотность поселений варьировалась от 0,1 до 4 экз./м², при среднем значении – 0,9 экз./м². Удельная биомасса изменялась от 0,03 до 0,8 кг/м², при среднем значении – 0,16 кг/м². Скопления с биомассой от 0,6 до 0,8 кг/м² были сконцентрированы у м. Докучаева. В 2014 г. общая численность трепанга на обследованной площади (0,004 км²) составила 3600 экз., общий запас – 0,468 т. Промысловый запас, рассчитанный из доли промысловых особей по массе КММ (массой 100 г и более), составил 0,252 т. В силу крайне малой обследованной площади поселений трепанга, данные 2014 г. при моделировании не учитывались.

В 2015 г. поселения трепанга, также, не были охвачены полностью. Удельная плотность на обследованном участке дна изменялась от 0,03 до 0,6 экз./м², при среднем значении – 0,2 экз./м². Удельная биомасса изменялась от 0,001 до 0,05 кг/м², при среднем значении – 0,02 кг/м². Масса голотурии в водолазных сборах варьировалась от 24 до 176 г, при среднем значении – 104,6 г.

В *таблице 5* приведены обследованные площади и оценки запаса, выполненные за период исследований в 2000-2020 гг.

По результатам модального анализа выборок 2000 и 2002 гг. были выделены размерно-возрастные когорты трепанга, получены их средние значения и относительное распространение когорт в уловах. На основании этих данных было получено уравнение Берталанфи для роста массы КММ трепанга: W_t (рис. 9): $W_t = 370,7(1 - e^{-0,33(t-0,25)})^3$.

В 2010 и 2012 гг., в результате анализа массы гонад и их состояния, было установлено, что массовый нерест трепангов проходил в конце июля и первой декаде августа. Гонадный индекс в конце июля составлял 3,6%, в первой декаде августа увеличился до 3,9%, а в третьей декаде августа относительно резко снизился до 0,8%. Доля самцов и самок составляла,

соответственно, 43 и 57%. Исследования в 2012-2019 гг. проводились в посленерестовый период.

Таблица 5

Характеристика поселений трепанга у о. Кунашир в 2000-2020 гг.

Год	Площадь участка, км ²	Удельная биомасса, т/км ²		Запас, т	
		общая	промысловая	общий	промысловый
2000	16,9	69,9	28,0	1181,2	473,4
2002	53	58,5	48,0	3103,9	2544,3
2005	157,5	17,2	15,7	2711,8	2470,3
2006	157,5	15,2	14,8	2398,5	2340,5
2007	69,7	9,1	8,6	636,4	602,2
2008	69,7	8,6	7,9	602,2	552,2
2010	79,9	9,4	8,5	742,4	668,2
2012	122,9	14,4	13,0	1782,3	1608
2014	0,004	900	18,1	0,468	0,252*
2015	33	20	28,0	660	598,62 ^Δ
2019	122	13,8	4,7	1698	586
2020	126	14,1	7,08	1779	910

* – исключено из расчета в связи с не репрезентативностью, ^Δ – обследованы полигоны.

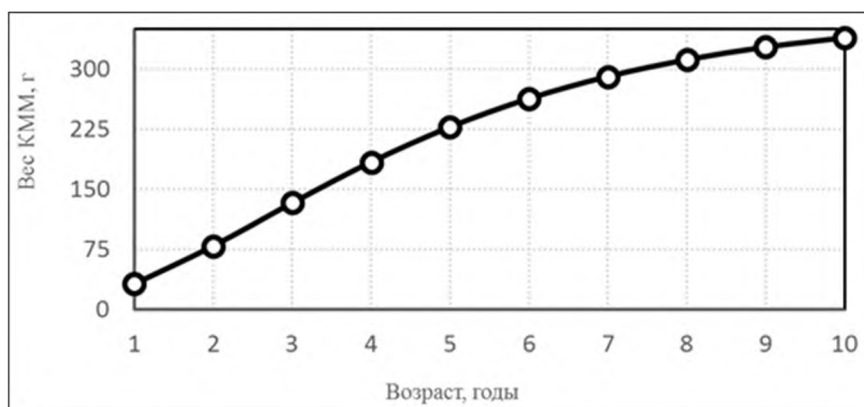


Рис. 9. Кривая весового роста трепанга по результатам модального анализа.

В 2000 и 2001 гг. выделенные квоты составляли 25 т, в 2002 г. – 15 т, и были реализованы при проведении НИР и КЛ водолажным способом (табл. 6). В 2003 г. на проведение НИР была выделена 1 т, но никаких работ и изъятия объекта не проводилось. В 2004 г. промысловая квота размером 100 т была реализована на 78%. В 2005 г., по официальной статистике, вылов составлял 65,39 т. Реализация промысловой квоты составила около 67,7%. В 2006 г. промысловая квота составляла 100 т, но в связи с поздним открытием промысла, было взято разрешение на вылов 25 т, из которых показан вылов только 4,69 т.

В 2007 г. официальное изъятие трепанга происходило только в режиме НИР, квота составляла 30 т и была полностью реализована. В 2008 г. ОДУ составлял 117 т. Промысловая квота, составляющая 87 т, реализована на 52%, вылов составил 45 т. Научная квота, составляющая 30 т, была полностью освоена. В 2009 г. был введен запрет на промысел, ОДУ составлял 0,03 тыс. т для проведения научных исследований. Однако, никаких работ не проводилось и, соответственно, квота не была реализована. В 2010-2012 гг.

действовал запрет на промысел. Квота НИР в 2010 г. составляла 0,5 т, в процессе работ было освоено 0,43 т трепанга. В 2011 г. НИР не проводились. В 2012 г. квота НИР составляла 0,7 т, в процессе работ было списано 0,37 т.

Таблица 6

ОДУ трепанга в Южно-Курильской зоне и его вылов в 2000-2024 гг.

Год	ОДУ (выдано), т	Официальный вылов, т	Освоение, %
2000	25	25	100
2001	25	25	100
2002	15	15	100
2003	1	0	0
2004	100	78	78
2005	100	65,4	68
2006	100	4,7	4,7
2007	30	30	100
2008	117	75	68,5
2009	30	0	0
2010	0,5	0,43	86
2012	0,7	0,37	53
2013	79,5	79,4	100
2014	80,4	77,22	96
2015	80	79,853	99,8
2016	80	77,827	97,3
2017	80	77,93	97,4
2018	99 (92,66)	70,0853	75,6
2019	99 (94,56)	76,8	81,2
2020	99,9	99,851	99,9
2021	80	79,992	99,99
2022	80	79,6	99,5
2023	81	80,7	99,6
2024	78,7	78,4	99,6

В 2013-2017 гг. квота вылова трепанга составляла 80 т. В 2018-2020 гг. промысловый лимит трепанга составлял 99 т. В 2021 г. объем вылова составлял 80 т. Начиная с 2010 г., по настоящее время, наблюдается рост освоения лимитов. В 2020-2024 гг. было, практически, полное освоение ОДУ. Обобщенная информация из ОМС Росрыболовства показывает, что с 2013 г. ежегодное промышленное освоение трепанга очень высокое и колеблется в пределах 75,6-100%. Среднемноголетний уровень освоения очень высокий и составляет 95,5% от ОДУ. Неполное освоение объемов, прежде всего, определяется организационными и погодными причинами.

По результатам моделирования, ожидаемая оценка запаса дальневосточного трепанга Южно-Курильской зоны в 2026 г. составит $2,45 \pm 0,5$ тыс. т, что незначительно ниже целевой биомассы 2,69 тыс. т. Оценки биомассы, полученные по результатам моделирования, приведены на рисунке 10.

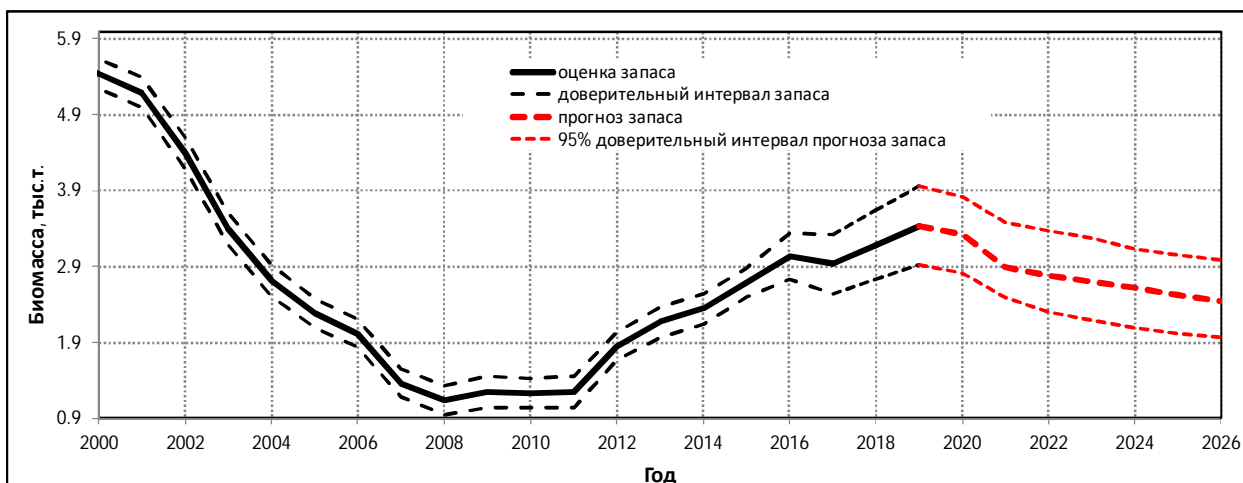


Рис. 10. Динамика биомассы запаса трепанга в Южно-Курильской зоне.

Определение ориентиров управления и обоснование правил регулирования промысла (ПРП). По результатам имитационного моделирования динамики биомассы запаса при различной промысловой нагрузке, доля изъятия, соответствующая максимальному устойчивому вылову, оценена величиной 0,2, соответствующая биомасса запаса – 2,69 тыс. т (рис. 11).

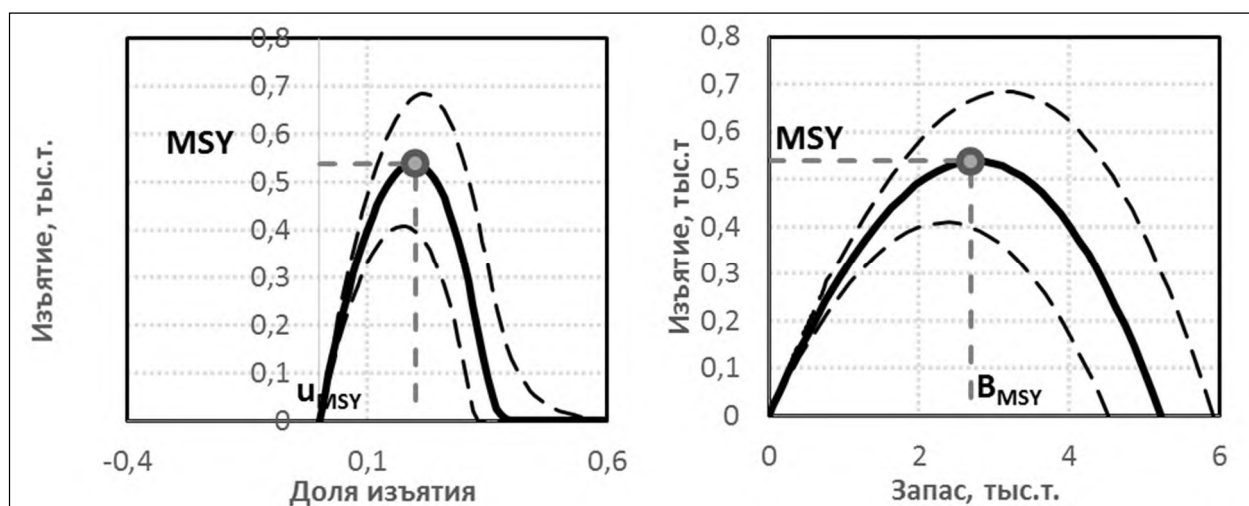


Рис. 11. Кривые устойчивого вылова трепанга дальневосточного в Южно-Курильской зоне по результатам имитационного моделирования.

Граничным ориентиром выбрали 20% от девственной биомассы равных $B_{lim} = 1,05$ тыс. т. Буферный ориентир выбрали в соответствии с неопределенностью оценки девственной биомассы, $B_{buf} = 1,19$ тыс. т. В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали изъятие, ведущее к необратимому снижению запаса, равное 0,37 (рис. 12). Однако, это теоретическая, максимально возможная величина вылова, рассчитанная для оптимальных условий, когда численность популяции находится на стабильно высоком уровне. Оценки биологических ориентиров приведены в таблице 7.

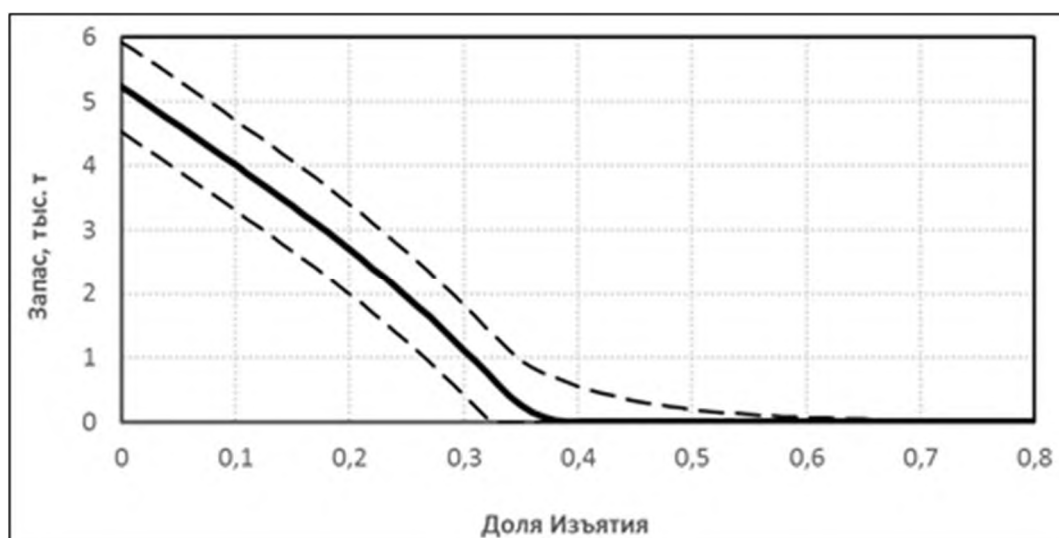


Рис. 12. Равновесный запас трепанга дальневосточного в Южно-Курильской зоне в зависимости от изъятия, по результатам имитационного моделирования.

Таблица 7

Биологические ориентиры управления промыслом
для трепанга дальневосточного в Южно-Курильской зоне

Биомасса, тыс. т			Коэффициент эксплуатации, %		
Граничный, B_{lim}	Целевой, B_{tg}	Буферный, B_{buf}	НИР, u_0	Граничный, u_{lim}	Целевой, u_{tg}
1,05	2,69	1,19	0,09	37	20

Учитывая значительное сокращение ресурса трепанга и его отрицательную динамику, было принято решение о введении запрета на его промысел, начиная с 2009 г., сроком на три года. Запрет на промысел оказал положительное влияние на состояние запаса дальневосточного трепанга и обеспечил восстановление популяции. Принимая во внимание снижение текущей биомассы трепанга и промыслового запаса в 2026 г., допустимо ведение промысла в пределах 3% от величины промыслового запаса. В то же время, учитывая отсутствие некоторых данных, к популяции трепанга необходимо применение адаптивной стратегии на постепенное повышение уловов с целью получения данных по реакции популяции на промысел.

В связи с изложенным, целевой ориентир управления по коэффициенту промысловой эксплуатации (U_{tr}), согласно концепции «предосторожного» подхода, принят в размере 3% от величины промыслового запаса.

Правило регулирования промысла (ПРП) конструировали на основе модификации предосторожного подхода, принятого во ВНИРО [Бабаян, 2000]. При этом, выделялось три режима эксплуатации в зависимости от оценки биомассы запаса B_t :

- режим НИР, $B_t \leq B_{lim}$: величина рекомендуемого изъятия u_{rec} постоянна и соответствует величине изъятия, необходимого для НИР, $u_{rec} = const = u_{lim}$;
- режим восстановления запаса, когда величина рекомендуемого изъятия устанавливается в соответствии с величиной запаса, $B_{lim} < B_t < B_{tr}$:

$$U_{rec} = \frac{(u_{tr}-u_0)(B_t-B_{lim})}{B_{tr}-B_{lim}} + u_0;$$

— режим постоянной интенсивности промысла,

$B_t > B_{tr}$: $U_{rec} = const = U_{tr}$.

Графическое изображение ПРП приведено на рисунке 13.

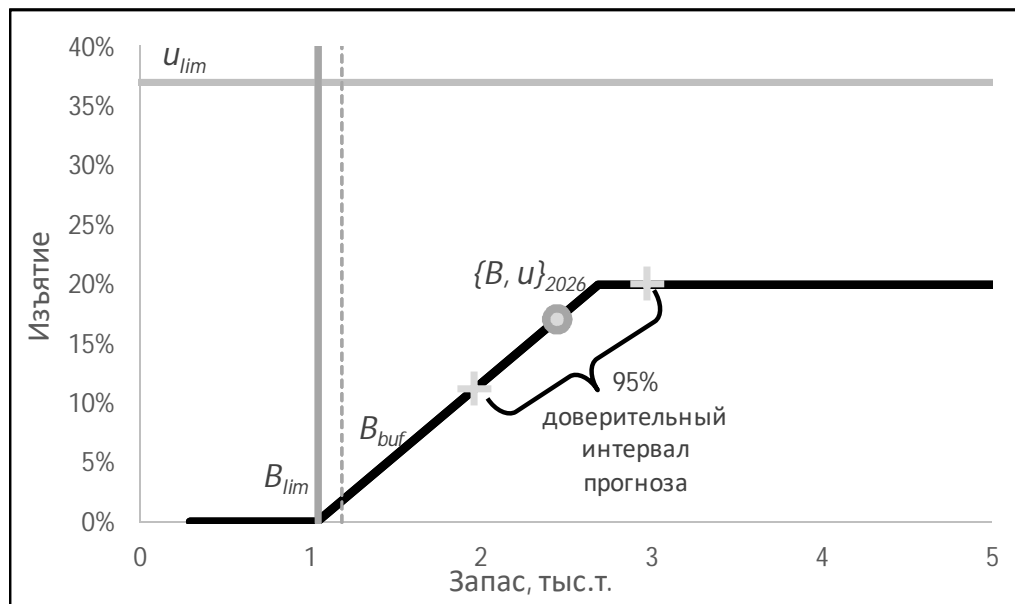


Рис. 13. Графическое представление ПРП для трепанга дальневосточного в Южно-Курильской зоне.

Прогнозирование состояния запаса. Оценку и прогнозирование запаса выполнили с использованием модели Деризо-Шнютте [Hilborn, Walters, 2001; Schnute, 1987]. Согласно выполненным расчетам, при полном изъятии рекомендованного в 2024 г. объема в 78,7 т, ожидаемая в 2026 г. биомасса запаса трепанга в зоне Южно-Курильской оценена величиной $2,45 \pm 0,5$ тыс. т и полностью удовлетворяет условию $B_{2026} > B_{buf} > B_{lim}$.

Обоснование объема ОДУ. Согласно ПРП, изъятие в 2026 г. может составить 417 т. Однако, следует учесть, что за короткий срок запрета промысла запас дальневосточного трепанга не полностью восстановился после длительного периода депрессии, обусловленного высокой промысловой нагрузкой. Дополнительную нагрузку на популяцию трепанга оказывает неучтенный и незаконный промысел, который, по информации и запросам Пограничного Управления ФСБ, существует и в настоящее время.

Исследования поселений трепанга проводятся не ежегодно и, чаще всего, не охватывают район обитания популяции полностью. В 2021-2024 гг. специализированных исследований трепанга не проводили. Кроме того, вылов, в основном, ведется на более доступных для промысла южных участках и глубинах.

После снятия запрета на промысел, начиная с 2012 г., запас трепанга зоны Южно-Курильской до 2019 г. демонстрировал признаки восстановления, но затем отмечено его снижение (см. рис. 10). Снижение происходило за счет уменьшения доли промысловых особей. В связи с изложенным, к популяции трепанга необходимо применение стратегии на

постепенное повышение уловов с целью получения данных по реакции популяции на промысел.

Исходя из прогнозируемой величины запаса в 2026 г. в 2448 т, и предлагаемом коэффициенте изъятия 3%, предлагается установить ОДУ трепанга в 2026 г. на уровне 73,5 т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ трепанга дальневосточного в Южно-Курильской зоне на 2026 г. в объеме 0,0735 тыс. т.**

Трепанг дальневосточный (*Apostichopus japonicus*)

61.05 – зона Охотское море

61.05.3 – подзона Восточно-Сахалинская

Исполнитель: В.А. Сергееenko (СахНИРО)

Куратор: М.В. Переладов (ВНИРО)

В Восточно-Сахалинской подзоне выделяются два основных района, для которых осуществляется прогнозирование состояния запаса и ОДУ трепанга дальневосточного – лагуна Буссе и залив Анива. Соответственно этому делению в представленном обосновании для каждого района прогнозируется возможная величина изъятия, после чего определяется единая величина ОДУ для Восточно-Сахалинской подзоны.

Лагуна Буссе.

Анализ доступного информационного обеспечения. Информационная база прогноза ОДУ трепанга на 2026 г. в лагуне Буссе обеспечивается данными учетных водолазных съемок разных лет. При изучении пространственного распределения и учете численности трепанга с 1992 до 2003 гг. ежегодно проводили водолазные съемки. С введением запрета на промысел трепанга учетные съемки проводили нерегулярно. Информационная база оценки запаса трепанга лагуны Буссе обеспечена результатами двух одномоментных учетных водолазных съемок, выполненных в июне и сентябре 2010 г. Использованы данные съемок 2006-2008 гг., биопромысловая статистика за период 1993-2001 и 2006-2008 гг. В 2011-2020 гг. специализированных съемок по трепангу в лаг. Буссе не проводили и были использованы данные, собранные при проведении учетной съемки по анфельции в 2012 г.

В 2010 г. для оценки состояния запасов популяции трепанга выполнено 135 учетных водолазных станции в летний период и 90 станций в осенний период (рис. 1).

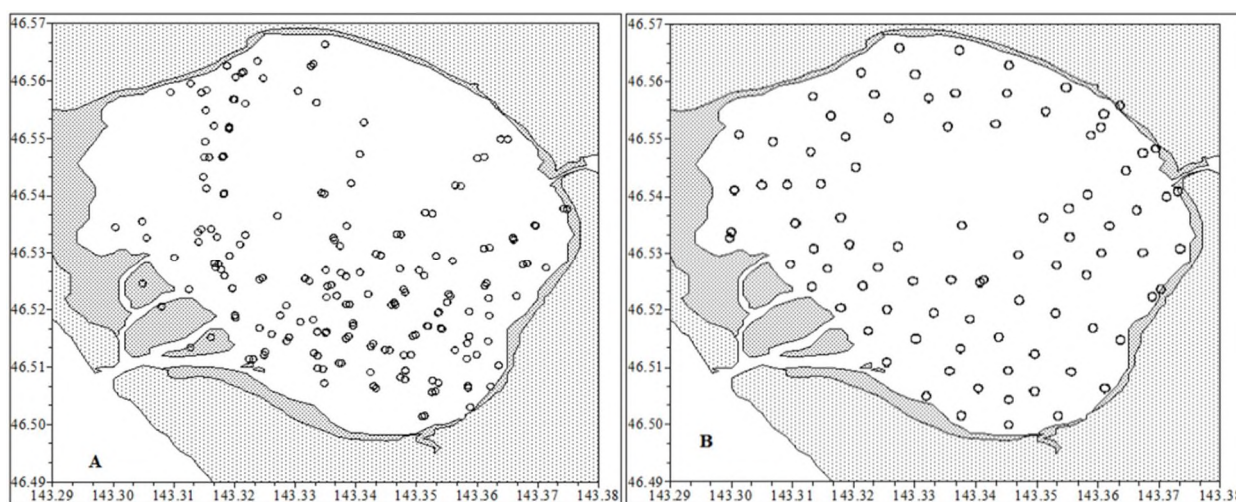


Рис. 1. Карта-схема водолажных станций, выполненных в июне (А) и в сентябре (В) 2010 г. в лагуне Буссе.

В июле 2021 г. проведена учетная съемка по трепангу в лаг. Буссе и выполнено 127 водолазных станций (рис. 2).

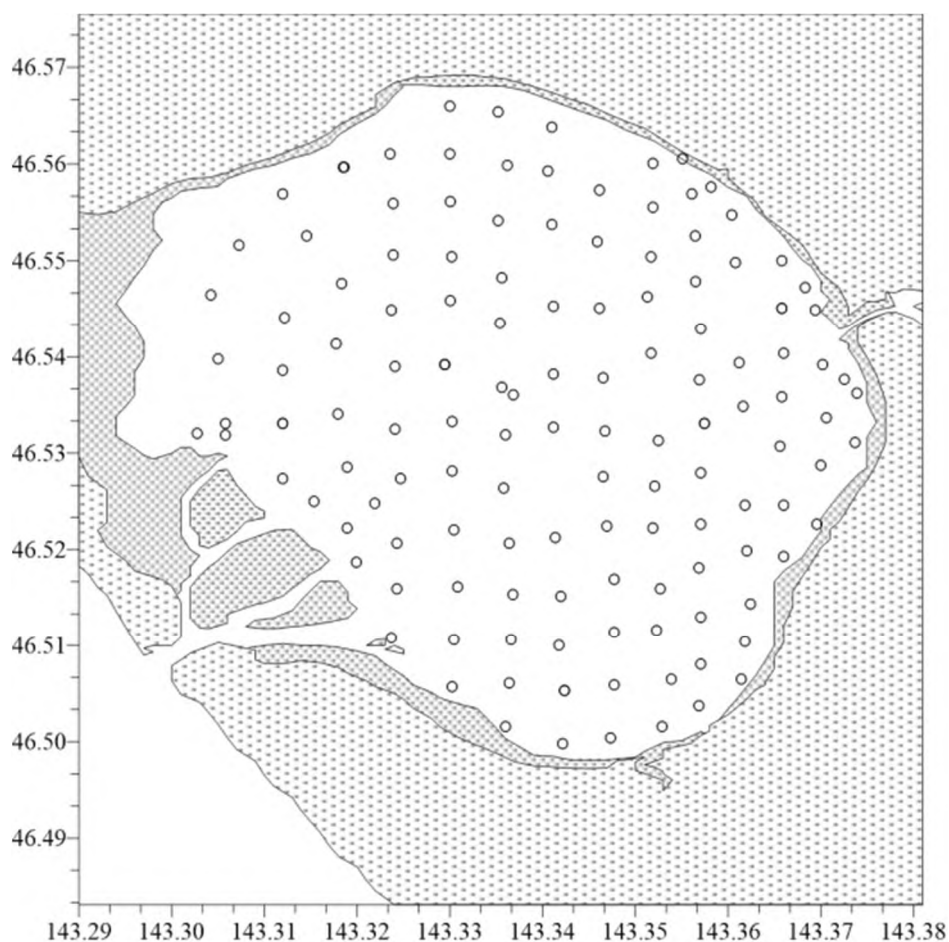


Рис. 2. Карта-схема водолажных станций, выполненных в июле 2021 г. в лагуне Буссе.

За период 2006-2008 гг. для оценки состояния запасов трепанга выполнено 626 учетных водолажных станций. Водолажные станции выполнены на глубинах от 1 до 6 м. Использовали площадочный метод учета [Левин, 1994]. Для точной привязки выполняемой водолажной станции использовали спутниковый навигационный прибор GPS.

Для оценки текущего запаса по данным прямого учета методом площадей (водолажная съемка) [Аксютин, 1968, 1970] использовали методы сплайн-аппроксимации и геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Kecckler, 1994; Wackernagel, 1995]. Расчет оптимального изъятия проводили с применением принципа «предосторожного» подхода к управлению ресурсами [Бабаян, 2000; Буяновский, 2012]. Для обработки биостатистических данных и расчета запаса использовали программы Microsoft Excel и Surfer 11.

Промысловый запас рассчитывается исходя из оценки общего запаса, с учетом процентного соотношения животных промысловых и непромысловых размеров, как по численности, так и по биомассе. На основании данных по соотношению размерных групп, плотности поселений, среднему весу особей промысловых и непромысловых категорий производится перерасчет промыслового запаса. С этой целью, по материалам водолажного

обследования на каждой станции определяется доля промысловых особей, средняя удельная биомасса и средняя удельная плотность.

Всего за период съемок в 2006-2008 гг. на массовые промеры и биологический анализ взято 2441 особи трепанга. В 2010 г. на массовые промеры и биоанализ взято 433 трепанга. В 2021 г. на массовые промеры взято 172 экз. трепангов. Поскольку у трепанга отсутствуют структуры, регистрирующие возраст и, соответственно, возрастные характеристики, а также нет сведений о коэффициентах естественной смертности и элиминации, прогноз имеет характер экспертной оценки.

В целом, информационную обеспеченность прогноза следует признать недостаточной и соответствующую III уровню. Данные специализированных учетных водолазных съемок (2010 и 2012 гг.) уже сравнительно устарели и не могут отражать реальное положение в популяции. Имеющиеся данные водолазных съемок позволяют производить оценку запасов только с помощью площадных методов. Результаты исследований дают возможность выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования ПРП на основе принципа предосторожного подхода. В связи со слабой изученностью основных характеристик этого вида, отсутствием промысла и, соответственно, воздействия этого промысла на популяцию, для определения ПРП был выбран «метод светофора» (метод перцентилей) [Буяновский, 2012].

Обоснование выбора метода оценки запаса. При водолажном учете гидробионтов использовали метод площадочного учета и метод количественного учета по результатам сбора [Левин, Шендеров 1975; Левин 1982, 1994].

Метод площадочного учета используется при водолажном учете бентосных гидробионтов с фиксированной площади. На дно произвольно укладываются рамки определенного размера или 20-м фал с метровыми разметками. Водолаз, проплывая над фалом с метровой рейкой, подсчитывает всех находящихся в просматриваемой площади промысловых животных, а затем собирает их для проведения биоанализов и пересчета биомассы и плотности. При высокой численности животные собираются с первых 5 м фала, при малой – со всей площади.

Метод количественного учета по результатам сбора используется при проведении водолажных работ для учета бентосных организмов с низкой плотностью поселений или при образовании агрегаций. Водолаз, двигаясь в произвольных направлениях, собирает все промысловые бентосные организмы, при этом фиксируется время сбора животных и скорость передвижения под водой. Площадь, просмотренную водолазом, рассчитывают по формуле:

$$S = (T \cdot V) \cdot 1,5 \quad (1),$$

где T – время сбора (мин.), V – скорость водолаза под водой (м/мин.), 1,5 – ширина промысловой полосы (м).

Плотность поселений рассчитывается по формуле:

$$d = N^2 / V^2 \cdot T^2 \cdot 1,5 \quad (2),$$

где d – плотность, экз./м², N – количество собранных особей, T – время сбора (мин.), V – скорость водолаза (м/мин.) [Левин, 1982].

Для оценки численности имеет значение доступность трепанга для прямого учета (водолазные съемки). Трепанги хорошо облавливаются и учитываются водолазом. Запас рассчитывается традиционным методом страт (с выделением зон равновеликих уловов) [Аксютин, 1968]. Используются методы сплайн-аппроксимации и геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Kecskler, 1994; Wackernagel, 1995]. Расчет оптимального изъятия проведен с применением принципа «предосторожного» подхода к управлению ресурсами [Бабаян, 2000].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. В период 1978-1988 гг. в лагуне вели интенсивный промышленный лов трепанга, и вылов в некоторые годы достигал значительных величин. Максимальный вылов в 160 т отмечен в 1983 г. По неофициальным данным и сообщениям водолазов, в 1983 г. вылов составил 300 т. С переловом связано резкое снижение запаса, падение уловов на усилие и, как следствие, введение запрета в 1988 г. Аналогичная ситуация отмечается и в настоящее время. В период 1993-2001 гг. вылов трепанга дальневосточного осуществлялся исключительно в рамках контрольного лова и НИР. Динамика общего вылова трепанга за время существования промышленного и контрольного лова в лагуне Буссе представлена на рисунке 3. Контрольный лов проводили в летне-осенний период с обязательным перерывом на время нереста трепанга. При проведении контрольного лова трепанга использовались водолазы, их количество во все годы лова оставалось постоянным – 3 человека. В период 2002-2004 гг. вылов трепанга не проводили. В 2005-2007 гг. вылов осуществляли при проведении НИР, который составлял 2 т. В 2008 г. вылов составил 1,25 т. В 2009-2022 гг. вылов трепанга не проводили.

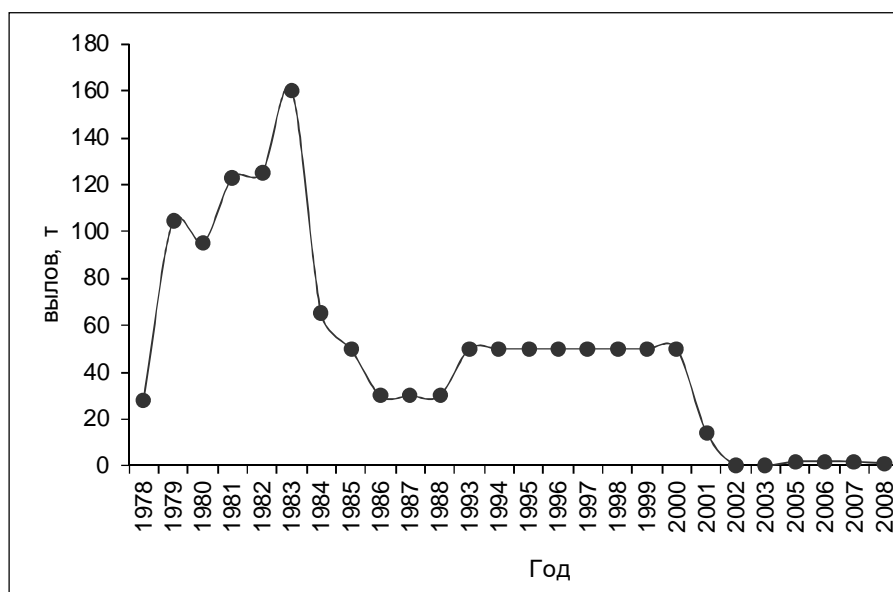


Рис. 3. Динамика легального вылова трепанга дальневосточного в лагуне Буссе.

Лагуна Буссе (о. Сахалин), находясь на северной границе ареала трепанга дальневосточного, уникальна тем, что ранее животные создавали

поселения с высокой численностью и биомассой, несмотря на небольшую площадь лагуны (43 км²). Голотурии встречались почти повсеместно, за исключением ее центральной части, где преобладают жидкие илы с выраженным запахом сероводорода.

По результатам исследований 2010 г., масса трепанга изменялась от 30 до 380 г. Средняя масса составляла $123,2 \pm 4,9$ г. Масса кожно-мускульного мешка (КММ) варьировалась от 17,5 до 116 г (в летний период средняя масса КММ составляла $72,5 \pm 2,2$ г, в осенний период – $64,5 \pm 2,2$ г). Средняя масса промысловых особей составляла $180,9 \pm 4,5$ г, по массе КММ – $109 \pm 1,4$ г. В летний период доля промысловых особей составляла 15,9%, в осенний период снизилась более чем в 2 раза – до 6,8%. Все это свидетельствует о непрекращающемся нелегальном промысле. Несмотря на увеличение средней массы КММ, доля молодых непромысловых особей в популяции трепанга все еще велика (рис. 4).

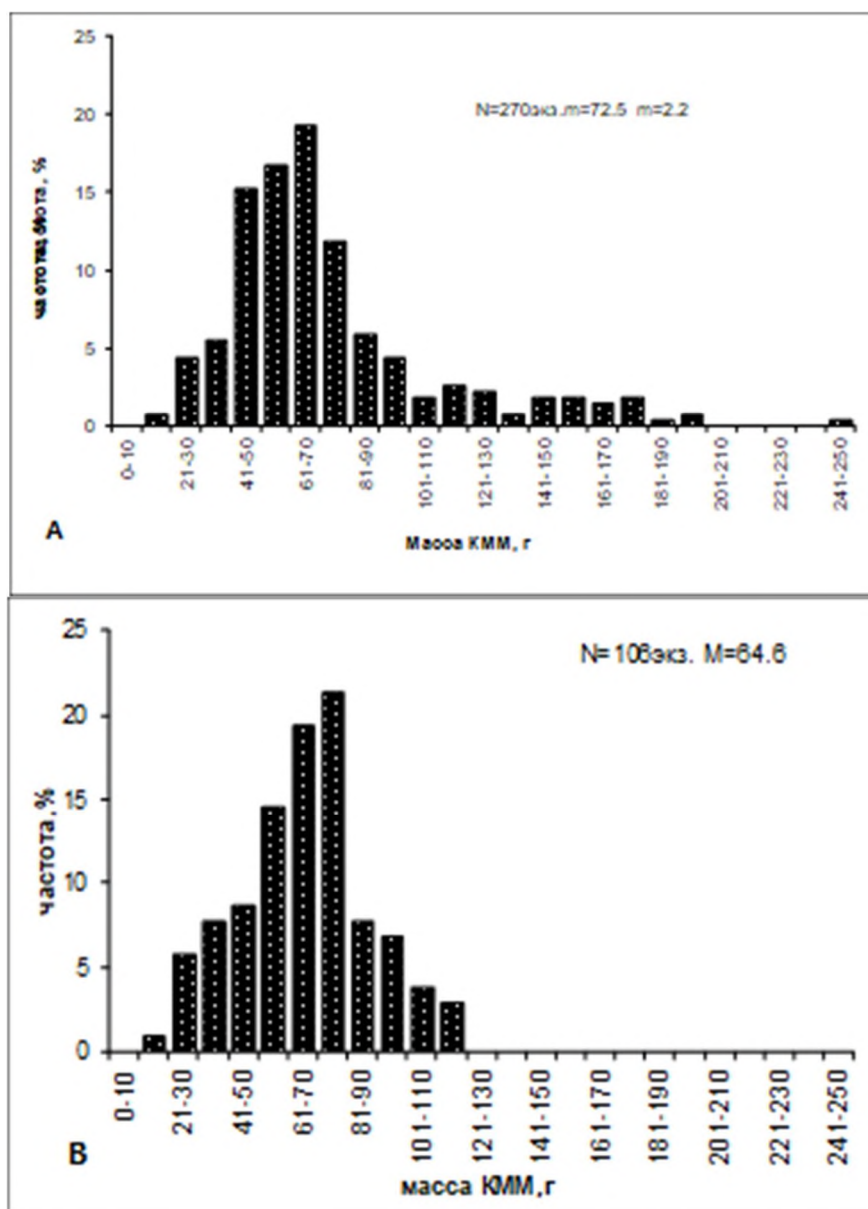


Рис. 4. Распределение массы КММ трепанга в лагуне Буссе в июне (А) и сентябре (В) 2010 г.

В июне 2006 г. модальную группу составляли особи от 20 до 30 г, в ноябре – от 30 до 40 г, аналогичная ситуация отмечалась и в 2007 г. В 2010 г. особи из модальной группы (60-80 г) составляли 40,8% уловов (рис. 5).

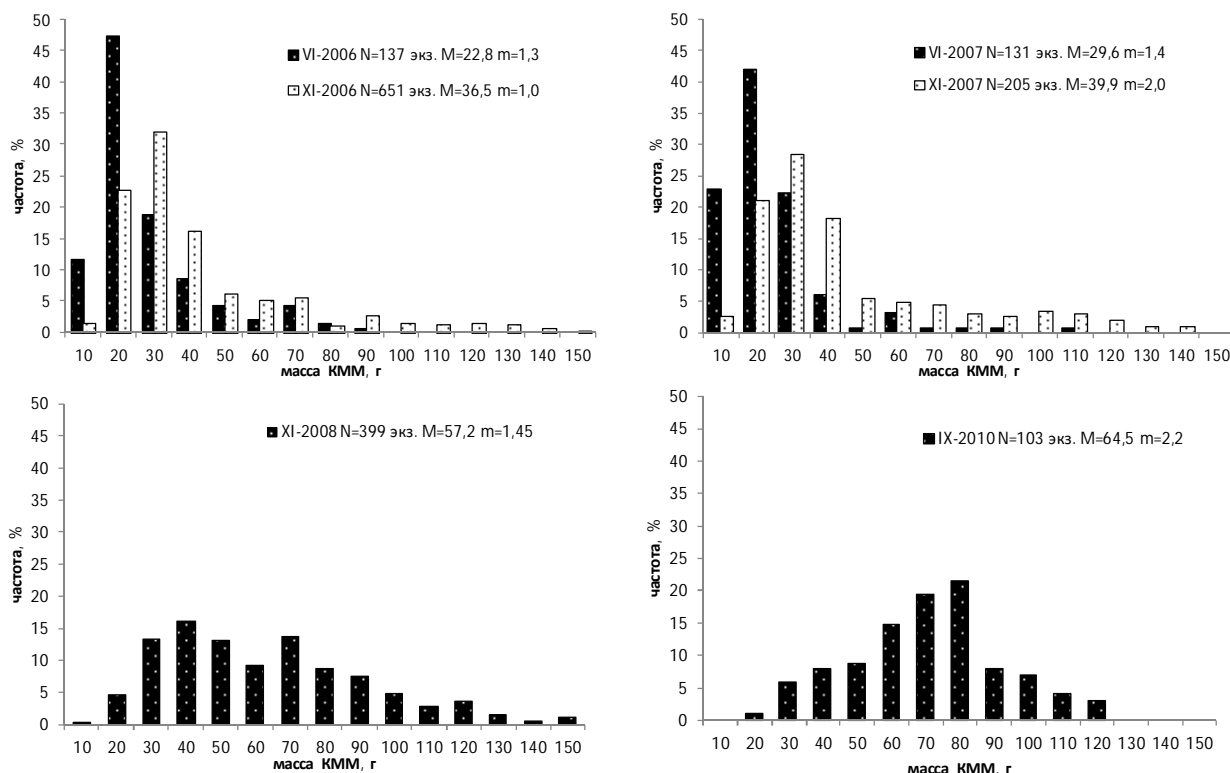


Рис. 5. Распределение массы КММ трепанга в лагуне Буссе в 2006-2010 гг.

В 2012 г. масса кожно-мускульного мешка (КММ) варьировалась от 13 до 188 г (средняя масса КММ составляла $51,1 \pm 5,5$ г), а модальная группа (30-40 г) составляла 29,3% уловов. В 2021 г. масса кожно-мускульного мешка (КММ) варьировалась от 2 до 220 г (средняя масса КММ составляла $45,6 \pm 2,9$ г), а модальные группы (20-30 и 30-40 г) составляли 30,2% уловов (рис. 6). В целом, отмечается сдвиг модальных размеров в сторону уменьшения размерного состава по массе КММ, что свидетельствует о постоянном, не снижающемся прессе промысла на популяцию и в настоящее время.

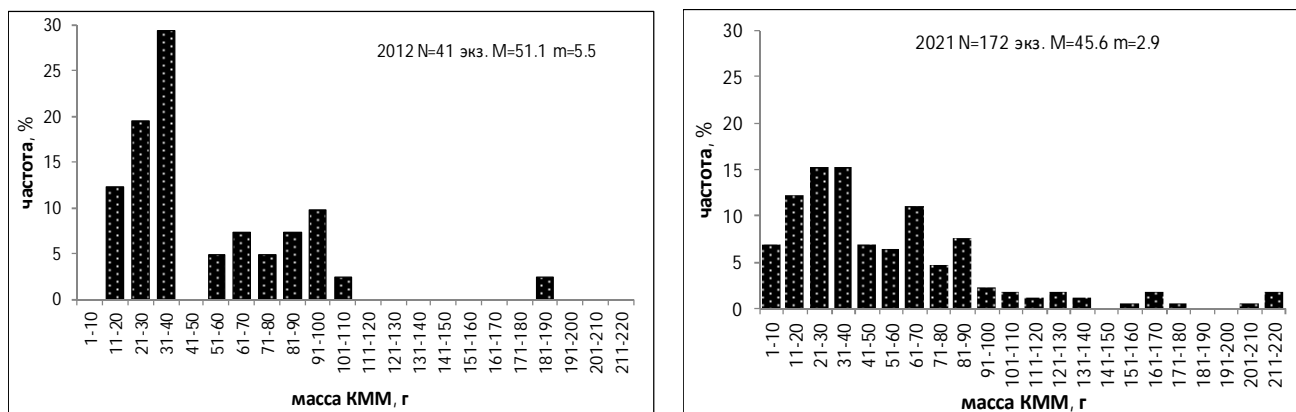


Рис. 6. Распределение массы КММ трепанга в лагуне Буссе в 2012 и 2021 гг.

По результатам водолазных сборов, масса кожно-мускульного мешка трепанга в 2003 г. составила, в среднем, 28,9 г. Начиная с 2000 г. отмечается тенденция снижения средней массы КММ трепанга. Особенно заметно снизилась масса КММ по данным 2003 и 2006 гг., причиной чему послужил рост нелегального промысла и, как следствие, резкое «омоложение» популяции в результате перелова. В летний период 2006-2007 гг. наблюдалось снижение средней массы, а в осенний период наблюдалось увеличение средней массы КММ. В 2012 г. также отмечалось снижение средней массы. Несмотря на длительное отсутствие данных, общая тенденция на снижение средней массы КММ в 2021 г., в сравнении с прошлыми годами, не изменилась. Средняя масса КММ находится на уровне 2001 г., в котором отмечается рост нелегального промысла и неуклонное падение средних значений КММ (рис. 7).

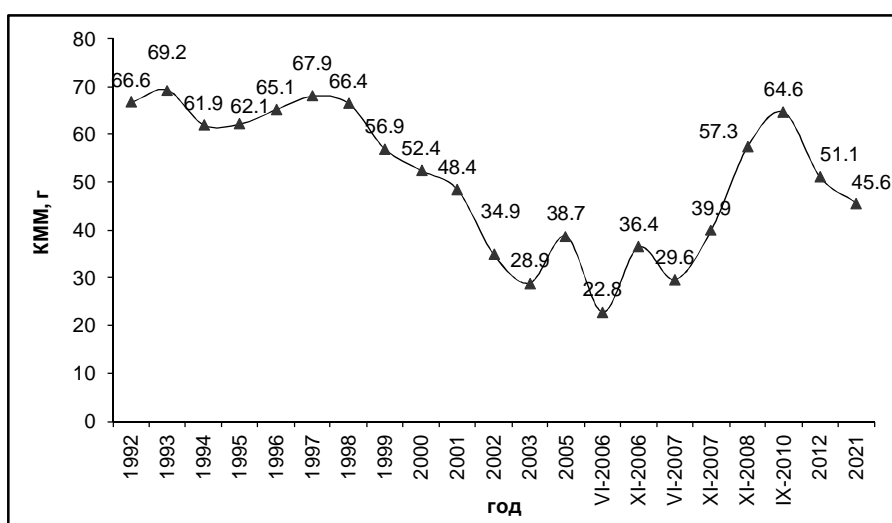


Рис. 7. Динамика средней массы КММ трепанга в лагуне Буссе в 1992-2012 и 2021 гг.

Непромысловая часть популяции в июне 2006 г., в сравнении с 2005 г., увеличилась и составляла 93,4% (промысловая часть популяции – 6,6%). В 2007 г. наблюдалось снижение доли промысловых особей до 6,3%. В 2008 г. доля промысловых особей составляла 19,6%, в 2010 г. – 6,8%. В 2012 г. доля промысловых особей составляла всего 2,4%.

В 2021 г. доля промысловых животных достигала 8,8% (непромысловых – 91,2%) и была на уровне 2006 и 2010 гг. Такие значительные колебания доли промысловых особей и средней массы КММ объясняется, прежде всего, существующим нелегальным промысловым воздействием на популяцию трепанга.

О снижении численности популяции свидетельствуют и планктонные съемки. Массовый нерест у трепанга происходит в августе. К середине августа, при массовом нересте голотурий, плотность личинок достигала 1131 экз./м³ в 2000 г. и 1378 экз./м³ – в 2001 г. В 2005 г. численность личинок в планктоне значительно снизилась, по сравнению с предыдущими годами. В августе их плотность варьировалась от 3,75 до 48,4 экз./м³. Это также

свидетельствует о существенном снижении половозрелых особей, для которых характерен абортивный нерест.

В июне 2010 г. из 135 выполненных водолазных станций трепанг встречался на 55, что составляет 40,7% встречаемости. В сентябре 2010 г. из 90 выполненных водолазных станций трепанг встречался на 15 станциях, что составляет 16,6% встречаемости. Это в 2,5 раза меньше, чем в летний период. В 2012 г. трепанг был встречен на 7 станциях из 94 (частота встречаемости 7,4%). В 2021 г. этот показатель составлял 39%. В целом, частота встречаемости трепанга существенно снизилась, по сравнению с предыдущими годами.

В июне 2010 г. максимальные удельные плотности и биомассы отмечались в северной части лагуны. В восточной и южной частях лагуны показатели удельной плотности и биомассы были очень низкими. В южной части распределение поселений имело мозаичный характер, отмечалась тенденция к агрегациям на устричниках и заиленных пятнах анфельции. Осенью 2010 г. характер распределения трепанга изменился. В сентябре трепанг образовывал мозаичные скопления. Голотурии встречались, в основном, в северной, восточной и западной части лагуны (рис. 8).

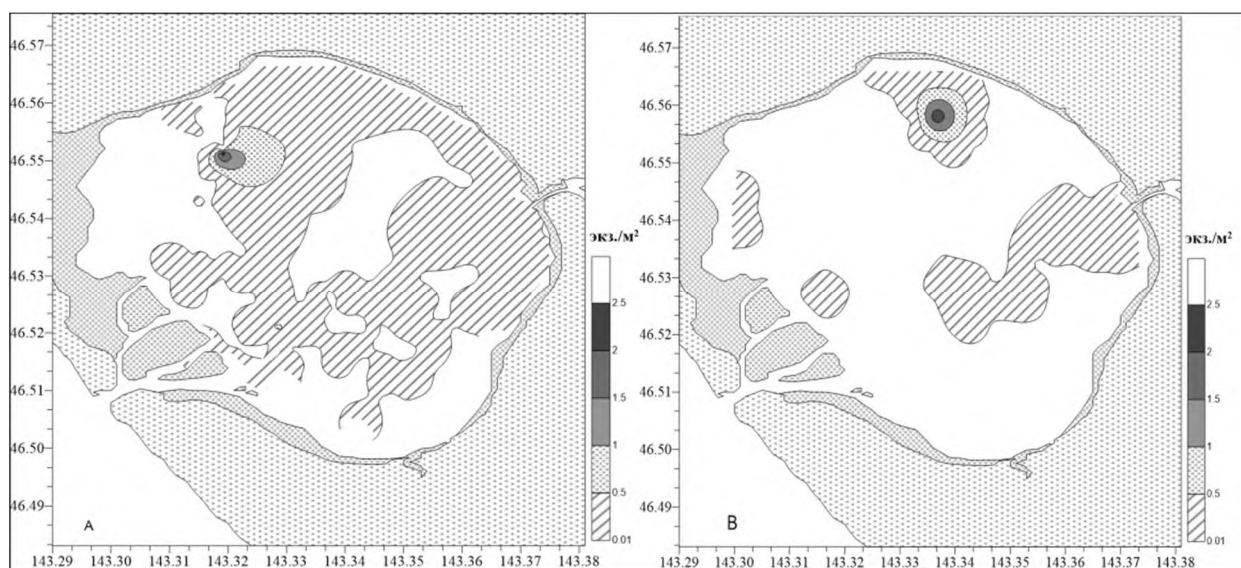


Рис. 8. Карты-схемы распределения удельной плотности дальневосточного трепанга в лагуне Буссе в июне (А) и сентябре (В) 2010 г.

В июле 2021 г. максимальные удельные показатели плотности и биомассы отмечались в восточной и южной частях лагуны. В северной части показатели обилия были очень низкими. В южной части распределение поселений имело мозаичный характер, отмечалась тенденция к агрегациям на устричниках и заиленных пятнах анфельции. Голотурии встречались в северной, восточной и южной частях лагуны, а в западной части полностью отсутствовали (рис. 9).

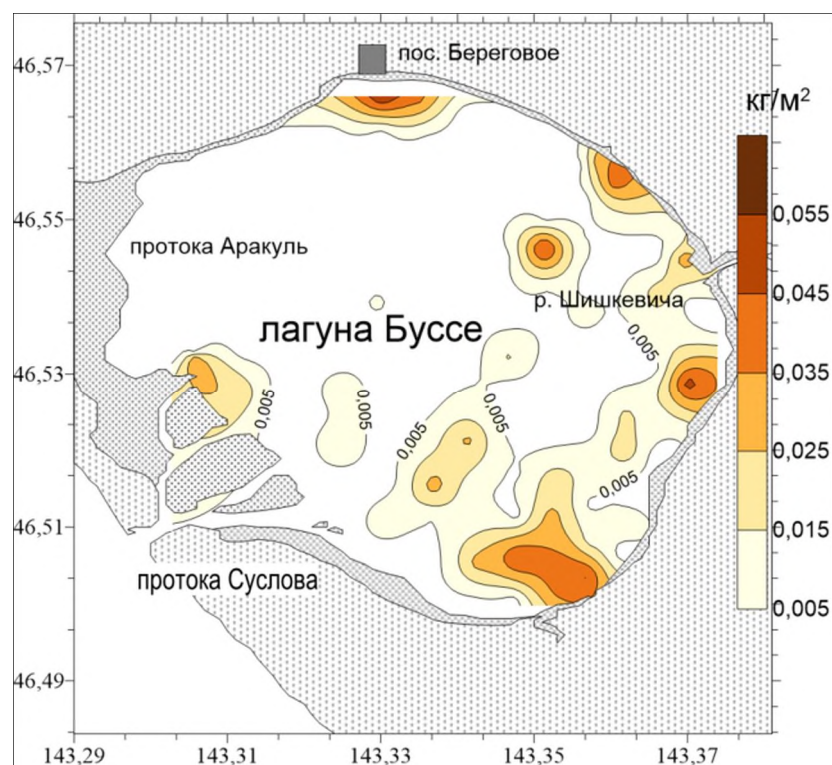


Рис. 9. Карта-схема распределения удельной биомассы дальневосточного трепанга в лагуне Буссе в июле 2021 г.

В летний период 2010 г. плотность распределения трепанга варьировала от 0,05 до 2,45 экз./м² (средняя удельная плотность – 0,05 экз./м², средняя удельная биомасса – 7,8 г/м²), осенью – от 0,02 до 7,7 экз./м² (средняя удельная плотность – 0,08 экз./м², средняя удельная биомасса – 13,5 г/м²). В 2012 г. средняя удельная плотность трепанга была 0,02 экз./м². В сравнении с прошлыми годами, средние показатели обилия в 2021 г. также находились на очень низком уровне (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика плотности скоплений трепанга в лагуне Буссе в 2005-2008, 2010 и 2021 гг.

Район лагуны	Площадь, км ² VI–IX 2010 г.	Средняя плотность, экз./м ²					
		2005 г.	VI–XI 2006 г.	VI–XI 2007 г.	XI 2008 г.	IX 2010 г.	VII 2021 г.
Южная часть	3,9/3,1	0,05	0,21/0,18	0,29/0,16	0,1	0,1	0,1
Восточная часть	7,7/5,8	0,03	0,1/0,08	0,09/0,17	0,18	0,1	0,1
Северная часть	2,8/2,2	0,04	0,01/0,21	0,01/0,09	0,21	0,02	0,05
Западная часть	4,9/3,5	0,03	0,1/0,18	0,1/0,19	0,1	0,01	-
Вся лагуна	19,3/14,6	0,033	0,1/0,15	0,13/0,16	0,16	0,08	0,1

Примечание: VI, VII, IX, XI – месяца года.

По данным летней водолазной съемки 2006 г., общий запас трепанга, по сравнению с 2005 г., несколько увеличился и составил 120 т, промысловый запас уменьшился и составил 8 т. По данным осенней съемки 2006 г., общий и промысловый запасы трепанга увеличились и составили 198 т и 24 т, соответственно. Аналогичная картина наблюдалась в 2007 г. По данным июньской съемки 2007 г., общий запас трепанга составил 173 т, а

промысловый – 11 т. По осенним данным, общий запас трепанга составил 205 т, промысловый – 29 т. Данные 2008 г. свидетельствуют о небольшом росте запаса трепанга. Плотность трепанга изменялась от 0,008 до 5 экз./м² (средняя плотность – 0,16 экз./м²), удельная биомасса варьировалась от 0,25 до 1000 г/м² (средняя – 25,1 г/м²). Общий запас составлял 230 т, промысловый – 45 т.

По данным 2010 г., общий запас дальневосточного трепанга в лаг. Буссе составил 161 т, а промысловый запас – 26 т. Осенью ресурсы трепанга снизились, общий запас составил 136 т, промысловый – 37 т. В сравнении с 2008 г. (общий запас – 230 т, промысловый запас – 45 т), а также с данными прошлых лет, после незначительного роста запасов трепанга, вновь отмечается снижение общего и промыслового запасов в 1,5 раза. Результаты 2021 г. свидетельствуют о незначительном росте запасов. Общий запас дальневосточного трепанга составил 241 т, а промысловый – 21,2 т. Общее состояние ресурсов трепанга сравнимо с данными 2008 и 2010 гг.

Общая площадь, занятая трепангом в лагуне в 2010 г., в сравнении с 2008 г., уменьшилась с 21,4 км² до 19,3 км² (летний период) и 14,6 км² (осенний период). Общая площадь, занятая трепангом в лагуне в 2021 г., в сравнении с аналогичным периодом 2010 г., увеличилась незначительно и составляла 21,7 км².

Результаты регулярных учетных водолазных съемок 1992-1998 гг. свидетельствовали о том, что запрет, введенный в 1988 г. и существовавший до 1993 г., оказал благоприятное воздействие на популяцию трепанга лаг. Буссе. В этот период отмечена тенденция к увеличению его запасов. Однако, в период с 1997 по 2002 гг. наметилась тенденция к снижению запасов. За этот период запас сократился катастрофически. Запрет промысла за 10-летний период положительных результатов не дал.

Таким образом, по данным 2-х водолазных съемок 2010 г., общий запас дальневосточного трепанга в лаг. Буссе составил 150 т, а промысловый запас – 25-30 т. Данные 2021 г. свидетельствуют о незначительном росте общего запаса – до 241 т. В тоже время, промысловая часть запаса остается на таком же низком уровне и равна 21,2 т. Следует ожидать, что и в 2026 г. сохранится аналогичная ситуация с состоянием ресурсов трепанга. Общий и промысловый запас будут находиться на таком же низком уровне, и заметного увеличения не произойдет. В 2016-2020 гг. использованы экспертные оценки состояния запаса, с учетом среднесноголетних данных. Величина запаса оценивается в 21 т. В качестве ориентира взяли величину среднесноголетнего учетного промыслового запаса с момента закрытия промысла за период 2002-2010 гг.

Определение биологических ориентиров. В связи со слабой изученностью современных основных биологических характеристик этого вида в лаг. Буссе, отсутствием официального промысла и, соответственно, воздействия этого промысла на популяцию, для определения ПРП был выбран «метод светфора» (метод перцентилей) [Буяновский, 2012]. В качестве индикаторов состояния запаса трепанга использовались оценки величины промыслового запаса (рис. 10). Данные анализа состояния

промыслового запаса трепанга в лаг. Буссе показывают падение и фиксацию его численности на низком уровне.

Данные по величине запаса за весь период наблюдений были разделены на три равные части. При этом, в качестве граничного значения красно-желтой зоны была принята величина 227 тонн, желто-зеленой – 520 т (рис. 10). В настоящий момент депрессивное состояние, в котором пребывает популяция трепанга лаг. Буссе в последние годы, требует исключения промысловой нагрузки на популяцию в этом районе, с целью восстановления ее численности.

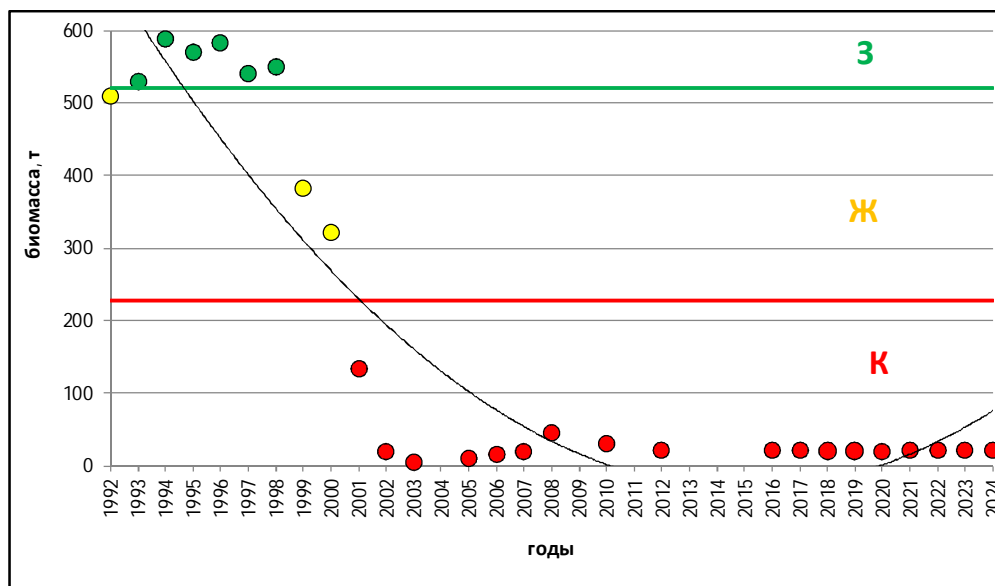


Рис. 10. Правила регулирования промысла трепанга в лагуне Буссе в соответствии с «правилом светофора» (метод перцентилей). Обозначение значений индикаторов: 3 – хорошее состояние запаса, Ж – удовлетворительное, стабильное, К – неудовлетворительное.

Обоснование правила регулирования промысла (ПРП). В настоящее время на промысел трепанга действует запрет. Основным фактором, определяющим формирование запаса дальневосточного трепанга лаг. Буссе, является промысловая смертность. В свою очередь, главной составляющей этого параметра является браконьерский лов. Темпы снижения численности ранее были довольно стабильны и могли составлять от 20 до 40% в год, в зависимости от активности лова. В 2006-2008 гг. наблюдалось некоторое увеличение запаса, затем произошло снижение запасов. Исходя из оценки величины запаса в 2010 и 2021 гг., учитывая непрекращающийся браконьерский лов, запас трепанга дальневосточного должен остаться в режиме запрета на промысел [Бабаян, 2000].

В настоящее время биологической и промысловой информации недостаточно для определения ориентиров управления промыслом и формирования ПРП. В то же время, при отсутствии официального промысла, величина текущей биомассы многократно ниже, чем граничный и буферный ориентиры. Ресурсы трепанга находятся на стабильно низком уровне, и отсутствуют признаки увеличения общей и промысловой биомассы.

С 2008 г. промысел трепанга в лаг. Буссе не ведется. Результаты последних работ свидетельствуют о критически низком уровне запаса. Ожидаемая в 2026 г. величина промыслового запаса может составлять не более 20-30 т. Учитывая текущее неблагоприятное состояние ресурсов трепанга в лаг. Буссе, необходимо исключить промысловую нагрузку для восстановления его численности. До получения новых данных и выработки более точных ориентиров, предлагается продолжения режима запрета на промысел трепанга в лагуне Буссе [Бабаян, 2000].

Прогнозирование состояния запаса. Исследования 2002-2010 и 2021 гг. показали, что надежды на быстрый рост численности этого ценного вида, как это было ранее, не оправдались. В настоящее время сложилась аналогичная ситуация с падением запаса, сходная с периодом проведения крупномасштабного промышленного лова в период 1978-1988 гг. Необходимо отметить, что если до 1988 г. существовал промышленный и отсутствовал любительский лов трепанга, то после 1998 г. уже наблюдался полномасштабный нелегальный лов, превосходящий по вылову официальный. За пять лет снизился не только общий запас с 736 т (в 2000 г.) до 85 т (в 2005 г.), но многократно снизился и промысловый запас (рис. 11).

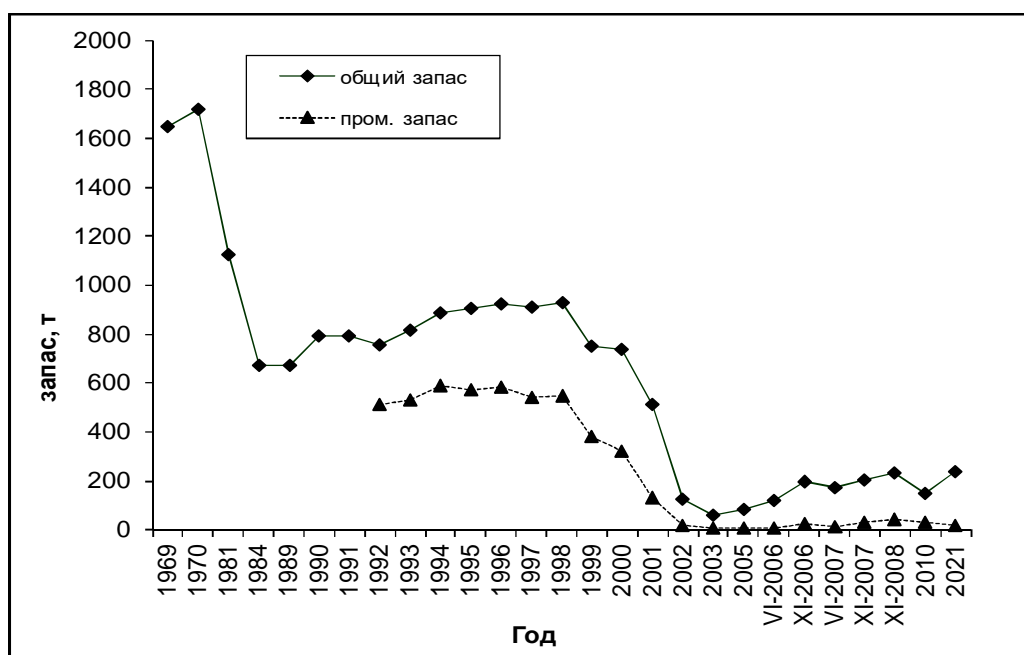


Рис. 11. Динамика общего и промыслового запаса трепанга в лагуне Буссе в период 1969-2021 гг.

С 2003 г. наблюдалось медленное увеличение запаса. В июне и ноябре 2006 г. отмечается увеличение запаса до 120 и 198 т, соответственно. В июне 2007 г. снова отмечено снижение запаса до 173 т. В 2008 г. общий и промысловый запас увеличились до 230 и 45 т, соответственно. По данным летней съемки 2010 г., общий запас трепанга в лаг. Буссе снизился до 161 т, а промысловый запас — до 26 т. Осенью общий запас составил 136 т, промысловый — 37 т. В сравнении с данными 2008 г. (общий запас — 230 т, промысловый — 45 т), вновь отмечается снижение общего и

промыслового запаса в 1,5 раза. Незначительный рост общего запаса в 2021 г., в сравнении с 2010 г., не может свидетельствовать о наметившейся тенденции роста, так как промысловый запас находится на таком же низком уровне (см. *рис 11*). По-видимому, в ближайшем будущем ситуация в позитивную сторону резко не изменится, запас трепанга стабилизируется на низком уровне.

В настоящий момент основным фактором, определяющим формирование запаса дальневосточного трепанга лаг. Буссе, является промысловая смертность. В свою очередь, главной составляющей этого параметра является браконьерский лов. Темпы снижения ранее были довольно стабильны и могли составлять от 20% до 40% в год, в зависимости от активности браконьерского лова. В настоящее время, по запросам о проведении экспертизы Пограничного управления и данным правоохранительных органов, существует интенсивный ННН промысел. Только по 4 задержаниям пограничной службы браконьерский вылов трепанга достигал более 2 т (15000 экз.). Учитывая непрекращающийся браконьерский лов, запас трепанга дальневосточного находится в фазе режима запрета на промысел (Бабаян, 1998).

При отсутствии современных данных для полноценного прогноза (промысловые параметры, размерный состав, пополнение) следует ожидать сохранения депрессивного состояния запаса, при этом, общий запас в 2026 г. прогнозируется на уровне, не превышающем 150-250 т, а промысловый запас – на уровне 20-30 т.

Залив Анива

Анализ доступного информационного обеспечения. Информационная база прогноза ОДУ трепанга на 2026 г. в зал. Анива обеспечивается данными учетных водолазных съемок разных лет. Наиболее репрезентативными являются данные зимней съемки 1999 г. и специализированных съемок 2005-2008 гг. При проведении НИР по морским ежам и водорослям в 2009-2010, 2012 и 2017 гг. был собран биостатистический материал и по трепангу.

В 2006 г. было выполнено 45 учетных водолазных станций на участке с. Третья Падь - с. Озерское. Именно на этом участке трепанг ранее образовывал промысловые поселения. В 2008 г. было выполнено 55 станций. В июне 2009-2010 гг. было выполнено 50 и 45 станций, соответственно. В 2010 г. трепанг был встречен всего на 5 станциях на этом участке. В 2011 г. в период с 15 апреля по 15 октября были выполнены съемки на двух полигонах: с. Нечаевка и с. Утесное, на глубинах 1-21 м. Была найдена 21 особь трепанга. В июне 2012 г. на участках, где обитает трепанг, было выполнено 44 водолажных станций и было найдено всего 23 экз. трепанга на 6 станциях.

Для точной географической привязки выполняемой водолажной станции использовали спутниковый навигационный прибор GPS. Сбор материала и учет дальневосточного трепанга осуществляли методом количественного учета по результатам сбора [Левин, 1982, 1994]. Для оценки текущего запаса по данным прямого учета методом площадей (водолажная

съемка) [Аксютин, 1968, 1970] использовали методы сплайн-аппроксимации и геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Keckler, 1994; Wackernagel, 1995]. Расчет оптимального изъятия проводили с применением принципа «предосторожного подхода» к управлению ресурсами [Бабаян, 2000].

Учитывая, что часть съемок была проведена в период, когда трепанг попадает в посленерестовый гипобиоз, и часть животных, при способности хорошо укрываться (особенно молодь), не учитывается водолазом, истинные запасы трепанга на обследуемых участках в зал. Анива безусловно выше.

В целом, информационную обеспеченность прогноза следует признать недостаточной и соответствующей III уровню. Поскольку отсутствуют: непрерывный ряд наблюдений, данные по пополнению и продуктивности поселений трепанга, возрастные характеристики, сведения о коэффициентах естественной смертности и элиминации, прогноз имеет экспертную оценку.

Данные последних специализированных водолазных учетных съемок (2010-2012 гг.) устарели и не отражают реальное состояние популяции. Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования ПРП на основе «принципа предосторожного подхода». В связи со слабой изученностью основных характеристик этого вида, отсутствием промысла и, соответственно, оценки воздействия этого промысла на популяцию, для определения ПРП был выбран «метод светофора» (метод перцентилей) [Буяновский, 2012].

Обоснование выбора метода оценки запаса. Использованы те же методы, что для группировки в лагуны Буссе (см. обоснование выше).

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. В настоящее время в зал. Анива официального промысла не существует. Только в 1995-1996 гг. было выловлено по 10 т, а в 1999 г. – 3 т трепанга на участке пос. Озерское - ПК Пригородное. Улов на усилие в 1995-1996 гг. и в 1999 г. на различных участках варьировал от 20 до 100 кг на одного водолаза. Средний улов на усилие в тот период составлял 45 кг. Поскольку в настоящее время ведется довольно активный нелегальный лов трепанга водолазами, оценить реальные объемы совокупного вылова не представляется возможным. Вследствие сильного истощения запасов, размеры уловов на усилие значительно сократились, предположительно – в 8-10 раз. Это подтверждают и данные опросов водолазов. Средние уловы в настоящее время составляют не более 4-5 кг с одного аппарата. Прямым подтверждением низкой численности поселений трепанга в зал. Анива служит малое количество найденных при проведении НИР особей трепанга в 2017, 2022 и 2024 гг.

Наиболее характерным для скоплений голотурий является скально-валунный биотоп с чередованием открытых гравийно-песчаных, с легким заилением, и песчано-илистых площадок и впадин с поселениями двустворчатых моллюсков, водорослей и морских трав. В 2012 г. трепанг был обнаружен на участке ПК Пригородное - м. Томари-Анива в количестве 23 штук. В 2011 г. трепанг был найден на двух участках в количестве 21 экз. В 2010 г. трепанг в количестве пяти особей был найден только на 2-м участке.

Аналогичная ситуация наблюдалась в 2009 г., когда было найдено всего две особи трепанга весом 313 и 235 г. В 2008 г. было найдено 20 особей трепанга на 2-м участке. Соотношение самцов и самок в группировках трепанга близко к 1:1. Учетные съемки последних лет, в основном, были направлены на изучение ежей и водорослей, что, по-видимому, приводит к недоучету трепанга, так как для его изучения необходимо проведение специализированных съемок. В 2022 г. было найдено всего 8 экз. трепанга. В тоже время, все это свидетельствует о низкой численности поселений трепанга в зал. Анива.

В 2011 г. на участке с. Озерское - ПК Пригородное трепанг был представлен особями, имевшими массу кожно-мышечного мешка от 58 до 290 г (среднее значение массы КММ – $152,2 \pm 22,4$) (рис. 12). Увеличение средней массы КММ, по сравнению с предыдущими годами, не характерно для этой группировки и статистически недостоверно, так как на этом участке было найдено слишком малое количество особей трепанга для достоверной выборки. В 2012 г. на этом участке трепанг не обнаружен.

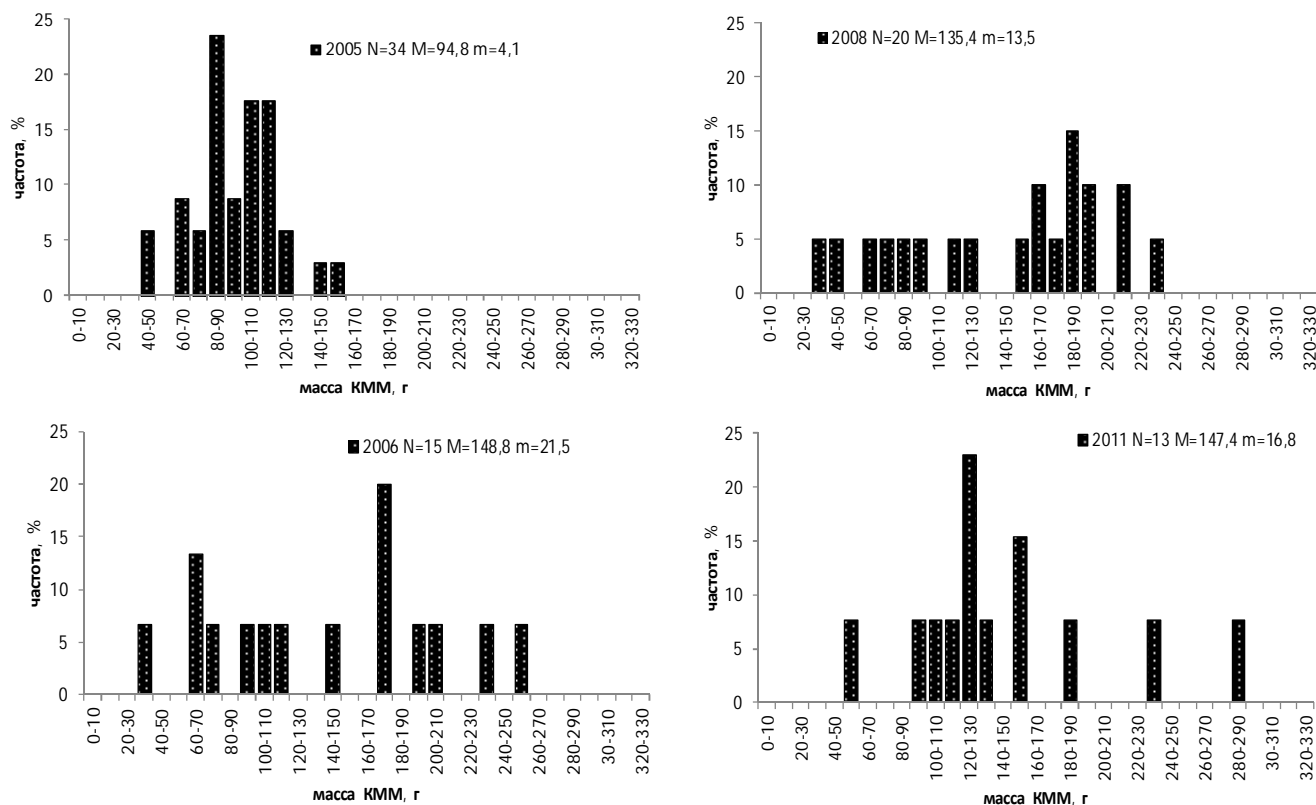


Рис. 12. Распределение массы КММ трепанга на участке с. Озерское - ПК Пригородное в 2005-2006, 2008 и 2011 гг.

Животные были представлены особями, имевшими массу кожно-мышечного мешка от 13 до 327 г (среднее значение массы КММ – $98,7 \pm 14,8$ г). Средняя масса КММ промысловых особей – $178 \pm 32,1$ г, они составляли 26% в уловах.

В 2011 г. на участке ПК Пригородное - м. Томари-Анива было обнаружено 13 особей трепанга. Масса КММ варьировала от 58 до 290 г (средняя – $147,4 \pm 16,9$ г) (рис. 13).

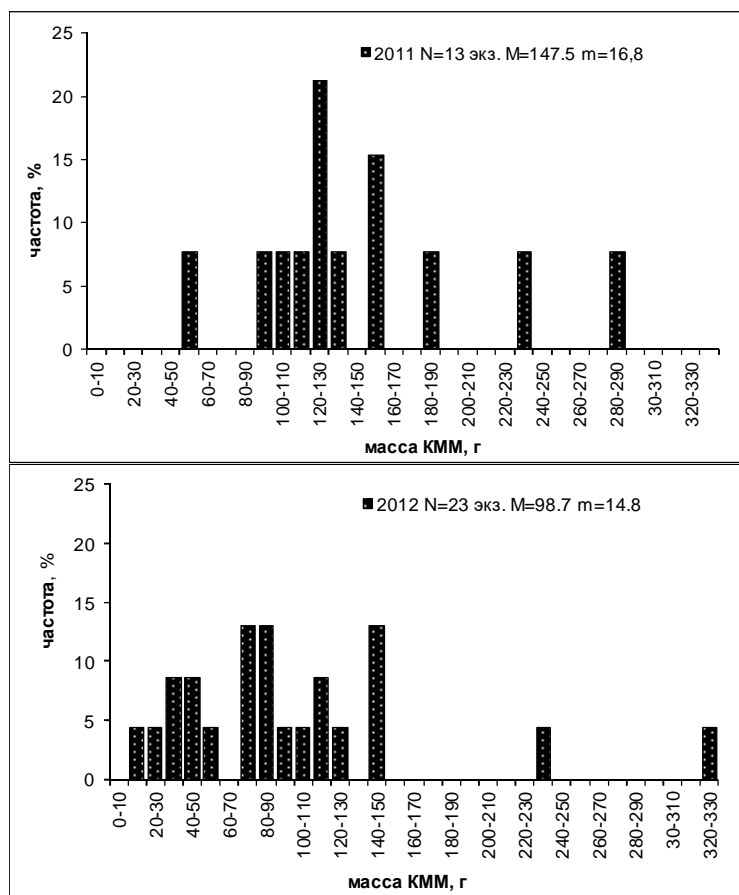


Рис. 13. Распределение массы КММ трепанга на участке ПК Пригородное - м. Томари-Анива в 2011 г. (верхний график) и в 2012 г. (нижний график).

В 2006 и 2008 гг. на участке ПК Пригородное - м. Томари-Анива трепанг не обнаружен. По данным 2005 г., средняя масса кожно-мышечного мешка увеличилась, в сравнении с 2001 г., почти в 1,5 раза и составила 85,1 г. Это увеличение также не характерно для этой группировки и статистически недостоверно, так как было найдено всего 12 особей трепанга. Масса КММ варьировала от 40 до 132 г (мода – 60 и 80-90 г) (рис. 14).

В периоды, когда выборка была более достоверной, наблюдалось снижение средней массы КММ. Исходя из общей для зал. Анива тенденции снижения размерно-массового состава и падения уловов на усилие, можно предполагать, что ситуация в 2024 г. не изменилась к лучшему. Это, в первую очередь, связано с непрекращающимся влиянием нелегального промысла.

В северо-восточной части зал. Анива трепанг встречается в интервале глубин 5-15 м. Он образует поселения на 4-х участках: 1-й участок – скала Гордая - мыс Грина, 2-й участок – с. Озерское - ПК Пригородное, 3-й участок – ПК Пригородное - мыс Томари-Анива, 4-й участок – с. 1-я Падь - с. 3-я Падь. Поселения голотурий в вышеперечисленных районах зал. Анива разделяются между собой участками морского дна, непригодными для его

обитания. Из четырех локальных поселений трепанг образовывал промысловые поселения только на двух участках (на 2-м и 3-м), поэтому величина запаса и экспертная оценка ОДУ будет определена для двух участков.

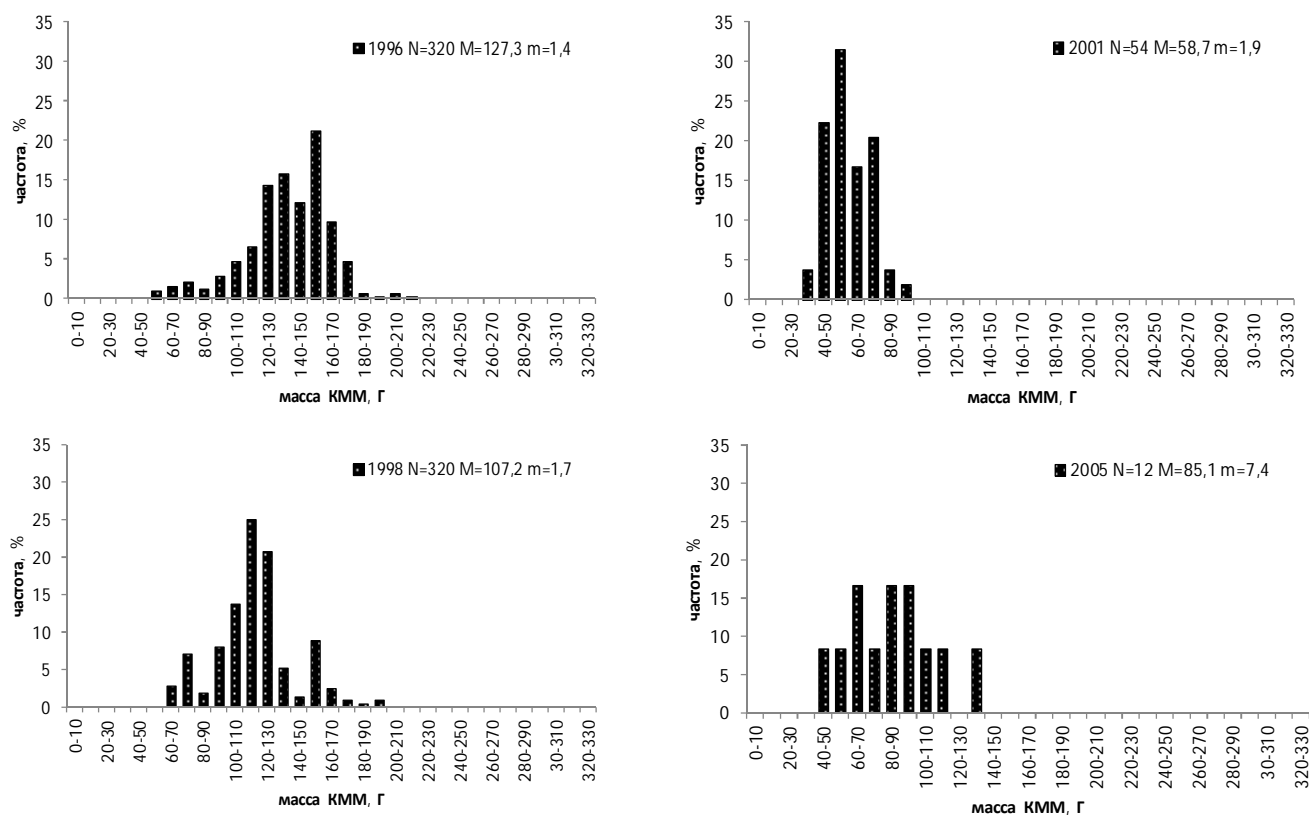


Рис. 14. Распределение массы КММ трепанга на участке ПК Пригородное - м. Томари-Анива в 1996, 1998, 2001 и 2005 гг.

В 2011-2012 гг. трепанг встречался единично, его удельная плотность варьировалась от 0,01 до 0,1 экз./м² (средняя удельная плотность – 0,05 экз./м²). Частота встречаемости вида составляла 2,8% и незначительно превышала таковую в 2010 г. В 2010 г. дальневосточный трепанг был отмечен лишь на пяти станциях (2,1% частоты встречаемости) на участке от м. Томари–Анива до протоки лаг. Буссе, на глубинах от 4,8 до 14,3 м, на скально-каменистых грунтах.

По данным 2001 и 2005 гг., запас трепанга, по сравнению с 1999 г., значительно снизился. Также, отмечается изменение биологических параметров запаса, в частности – снижение модальной массы и средней массы кожно-мышечного мешка.

На участке с. Озерское - ПК Пригородное в 2012 г. трепанг не обнаружен. В 2011 г. на полигонах плотность варьировала от 0,01 до 0,13 экз./м² (средняя удельная плотность – 0,05 экз./м²) и практически не отличалась от плотности в 2010 г. (от 0,04 до 0,1 экз./м², средняя удельная плотность – 0,06 экз./м²). Эти промысловые параметры существенно ниже таковых за 1999 и 2008 гг., и в настоящее время удельные плотности и биомассы трепанга очень низкие.

Наиболее репрезентативными являются данные 1999 и 2008 гг. Ранее трепанг создавал поселения со сравнительно высокой плотностью, достаточной для ведения ограниченного промысла. Трепанг встречался на глубинах от 5 до 15 м. Распределение имело мозаичный характер. Плотность поселений трепанга на различных участках варьировала от 0,09 экз./м² до 0,22 экз./м², составляя в среднем по району 0,15 экз./м² (средняя удельная биомасса – 11,5 г/м²). При проведении работ определяли величину улова на усилие. Промысловое усилие определяется временем сбора бентосных организмов, ограниченным использованием одного 14-литрового баллона. Улов на усилие варьировал от 20 до 100 кг. Средний улов на усилие в 1999 г. составил 45 кг.

В настоящее время, вследствие сильного истощения запасов, средние уловы на усилие значительно снизились – примерно в 8-10 раз. Так как в последние годы работы по определению улова на усилие не проводили, в обосновании использованы данные опроса водолазов. По их информации, средние уловы в настоящее время составляют не более 4-5 кг с 1 акваланга. В *таблице 2* приведены уловы и площадь, обследованная при проведении работ в декабре 1999 г. Площадь, на которой были встречены поселения трепанга, составляет около 4 км².

В 2008 г. плотность поселений трепанга варьировала от 0,01 экз./м² до 0,05 экз./м², составляя в среднем по участку 0,03 экз./м². Учитывая его способность хорошо укрываться, истинные запасы трепанга на обследуемых участке в зал. Анива, безусловно, выше. Тем не менее, полученные данные служат подтверждением низкой численности поселения трепанга на этом участке.

Таблица 2

Обследованная площадь и уловы трепанга в 1999 г.
на участке с. Озерское - ПК Пригородное

Дата работ	Время сбора мин	Площадь обследованная м ²	Кол-во собранных особей экз.	Удельная плотность экз./м ²
08.12.1999 г.	480	14400	2510	0,17
11.12.1999 г.	80	2400	218	0,09
15.12.1999 г.	320	9600	1308	0,13
19.12.1999 г.	240	7200	1637	0,22
23.12.1999 г.	800	24000	4366	0,18
25.12.1999 г.	800	24000	3280	0,13
26.12.1999 г.	560	16800	3195	0,19
27.12.1999 г.	1200	36000	5458	0,15
Всего	4480	134400	21972	0,15

На участке ПК Пригородное - м. Томари-Анива трепанг также создавал скопления, которые позволяли вести промысел. Основные поселения голотурий были отмечены на глубинах от 7 м до 15 м. В 2011 г. удельная плотность на этом участке варьировала от 0,01 до 0,15 экз./м² (средняя удельная плотность – 0,06 экз./м²) и практически не отличалась от величин плотностей на 2-ом участке. В 2012 г. удельная плотность трепанга

варьировала от 0,01 до 0,05 экз./м². Средняя плотность по участку составляла 0,02 экз./м². Площадь, занятая трепангом на этом участке, была равна 1,2 км². В *таблице 3* приведены данные по участкам, где трепанг образует промысловые скопления.

Таблица 3

Характеристика скоплений трепанга северо-восточной части залива Анива

Участок	Площадь участка, км ²	Плотность, (экз./м ²) <u>min/max</u> средняя	Доля промысловых особей, %	Запас, (т)
с. Озерское - ПК Пригородное	4	<u>0,01/0,13</u> 0,05	85	8-10 ^Δ
ПК Пригородное - м. Томари-Анива	1,2	<u>0,01/0,1</u> 0,02	26	2-4 ^Δ

Δ – по данным 2008 и 2011–2012 гг.

Основываясь на данных съемок 2008 и 2011-2012 гг., промысловый запас трепанга в северо-восточной части зал. Анива был определен в 8-12 т. Общая площадь, занятая поселениями трепанга в заливе Анива, составляла 5,2 км². В то же время, учитывая, что в 2008 г. на 3-м участке, по сравнению с 1999 г., произошло снижение запаса трепанга в 10 раз – с 22 до 2 т, можно предположить такое же падение запаса и в целом по району.

С учетом запросов и информации Пограничного управления ФСБ о поимке водолазов с нелегальным уловом трепанга, тенденции к снижению запаса трепанга из-за непрекращающегося нелегального промысла, ожидаемый запас на 2-м участке может составить не более 8-10 т, а на 3-м участке – 2-4 т. Общий запас трепанга в зал. Анива безусловно выше, поскольку некоторая часть животных пропускается водолазом при сборах, и не учитываются укрывающиеся в период эстивации животные. Тем не менее, тенденция сокращения общей численности прослеживается явно. По-видимому, запас трепанга стабильно держится на низком уровне. Учитывая вышесказанное, запас трепанга в зал. Анива может составлять 10-14 т.

Общая и промысловая биомассы будут находиться на таком же низком уровне и заметного их увеличения не произойдет. Для 2026 г. использована экспертная оценка состояния запаса с учетом среднемноголетних данных промысловой биомассы. В качестве ориентира взяли величину среднемноголетней учтенной промысловой биомассы за период 2008-2011 гг., которая составляет 10,7 т.

Определение биологических ориентиров. В связи со слабой изученностью основных биологических характеристик этого вида в зал. Анива, отсутствием официального промысла и, соответственно, оценки воздействия этого промысла на популяцию, для определения ПРП был выбран «метод светфора» (метод перцентилей) [Буяновский, 2012]. В качестве индикаторов состояния запаса трепанга использовалась оценка величины промыслового запаса (*рис. 15*). Данные анализа численности промыслового запаса трепанга в заливе Анива показывают его снижение или

стабилизацию на самом низком уровне. Депрессивное состояние, в котором пребывает популяция трепанга зал. Анива в последние годы, требует исключения промысловой нагрузки для восстановления ее численности.

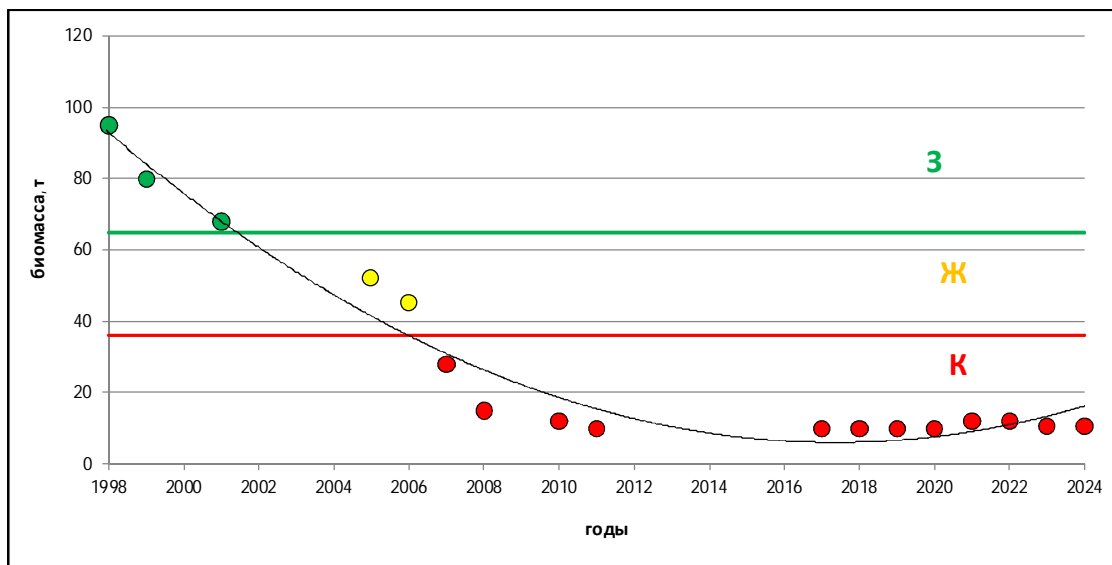


Рис. 15. Правила регулирования промысла трепанга в зал. Анива, в соответствии с «правилом светофора» (метод перцентилей) Значения индикаторов: З – хорошее состояние запаса, Ж – удовлетворительное, стабильное, К – неудовлетворительное.

Обоснование правила регулирования промысла (ПРП). В настоящее время на промысел трепанга действует запрет. Основным фактором, определяющим формирование запаса дальневосточного трепанга в зал. Анива, является промысловая смертность. В свою очередь, главной составляющей этого параметра является нелегальный лов. Темпы снижения численности трепанга были довольно стабильны и могли составлять от 20 до 40% в год, в зависимости от активности браконьерского лова. Во временной перспективе наблюдается постоянное снижение запаса. В настоящее время основным фактором, определяющим формирование запаса дальневосточного трепанга, является промысловая смертность. В свою очередь, главной составляющей этого параметра является браконьерский лов. Темпы снижения могли составлять от 20% до 40% в год, в зависимости от активности браконьерского лова. В настоящее время, по запросам Пограничного управления о проведении экспертизы и данным правоохранительных органов, существует интенсивный ННН промысел. Только по 4 задержаниям пограничной службы браконьерский вылов трепанга достигал более 2 т (15000 экз.). Исходя из оценки величины запаса в 2010-2011 гг. и экспертной оценки 2024 г., учитывая непрекращающийся браконьерский лов, следует установить, что запас трепанга дальневосточного должен находиться в фазе режима запрета на промысел [Бабаян, 2000].

В настоящий период биологической и промысловой информации недостаточно для определения ориентиров управления промыслом и формирования ПРП. В то же время, при отсутствии официального промысла, величина текущей биомассы многократно ниже, чем граничный и буферный

ориентир, а ресурсы трепанга находятся на стабильно низком уровне и отсутствуют признаки увеличения общей и промысловой биомассы.

С 2000 г. официальный промысел трепанга в зал. Анива не ведется. Результаты последних работ свидетельствуют о критически низком уровне запаса. Ожидаемая в 2026 г. величина промыслового запаса может составлять не более 10-12 т. Учитывая текущее неблагоприятное состояние ресурсов трепанга, необходимо исключить промысловую нагрузку на популяцию для восстановления её численности. До получения новых данных и выработки более точных ориентиров предлагается продление режима запрета на промысел [Бабаян, 2000].

Прогнозирование состояния запаса. Исследования 2010-2012 гг. показали, что роста численности этого ценного вида не наблюдается. По данным учетных водолазных съемок по заливу Анива наблюдается низкий уровень запаса трепанга. Аналогичная ситуация с запасом трепанга, сложившаяся на Сахалине, наблюдалась и в Приморье. Поскольку нет оснований ожидать, что активность нелегального промысла снизится, можно предположить, что в будущем ситуация в позитивную сторону резко не изменится, запас трепанга стабилизируется на низком уровне.

Обоснование объема ОДУ. Популяция трепанга в Восточно-Сахалинской подзоне способна восстановиться в течение нескольких лет при полном отсутствии нелегального промыслового пресса. Для обеспечения научно-исследовательских работ необходимо предусмотреть вылов в объеме 0,0002 тыс. т. Это составит менее 1% от прогнозируемого промыслового запаса.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ трепанга дальневосточного в Восточно-Сахалинской подзоне на 2026 г. в объеме 0,0002 тыс. т исключительно для осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях.**

Трепанг дальневосточный (*Apostichopus japonicus*)

61.06 – зона Японское море

61.06.1 – подзона Приморье

Исполнители: Е.Э. Борисовец, С.А. Даниленко (ТИНРО)

Куратор: М.В. Переладов (ВНИРО)

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* Selenka, 1867 – ценный объект промысла с многолетней историей освоения. Обитает в защищенных от штормов бухтах, в диапазоне глубин 1-40 м, на каменистых, песчаных и песчано-илистых грунтах. Собирающий детритофаг. Нерестится в июле-августе. Половозрелым становится в возрасте 2-4 лет [Левин, 2000]. Продолжительность жизни 10-11 лет. Промысловая мера – 100 г по массе кожно-мускульного мешка.

Анализ доступного информационного обеспечения. Информация о состоянии естественных поселений трепанга приводится по результатам водолазных исследований макрозообентоса в подзоне Приморье (южнее мыса Золотой) в летний период в 2009-2024 гг. Сбор материала проведен по стандартной методике [Блинова и др., 2003], от уреза воды до глубины 20 м по перпендикулярным к берегу гидробиологическим разрезам. Количество станций на каждом разрезе варьировало от 2 до 10. Расстояние между разрезами составляло от 100 до 300 м; между станциями на разрезе – от 10 до 50 м. На каждой станции в 3-х повторностях с рамки площадью 1 м² собирались все животные. До 2017 г. ежегодно анализировались данные 1000-1800 учетных станций. В связи с сокращением сроков проведения комплексных исследований, в 2017-2024 гг. выполнялось от 307 до 747 станций. При проведении биологического анализа массу трепанга определяли с помощью электронных весов с точностью до 1 г.

Информационная обеспеченность прогноза соответствует III уровню.

Обоснование выбора методов оценки запаса. Оценка запасов выполнялась традиционными методами, утвержденными в ТИНРО 29 марта 2013 г., как основные методы оценки численности и биомассы водных биологических ресурсов, величины запаса и его прогноза, оценки возможной доли изъятия [Основные методы оценки..., 2013]. Статистическую обработку полученных данных проводили с применением статистических программ (STATISTICA, Microsoft Excel).

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Промысел трепанга в подзоне Приморье (южнее мыса Золотой) имеет давнюю историю и продолжался до 1977 г., пока не произошло существенное снижение его запасов [Жариков, Лебедев, 2001]. С тех пор существует запрет на промышленный лов вида, исключение составляет лов в научно-исследовательских целях.

В водах Приморья основные ресурсы трепанга сосредоточены в зал. Петра Великого, где он встречается повсеместно, преимущественно, в виде

разрозненных локальных агрегаций (рис. 1).

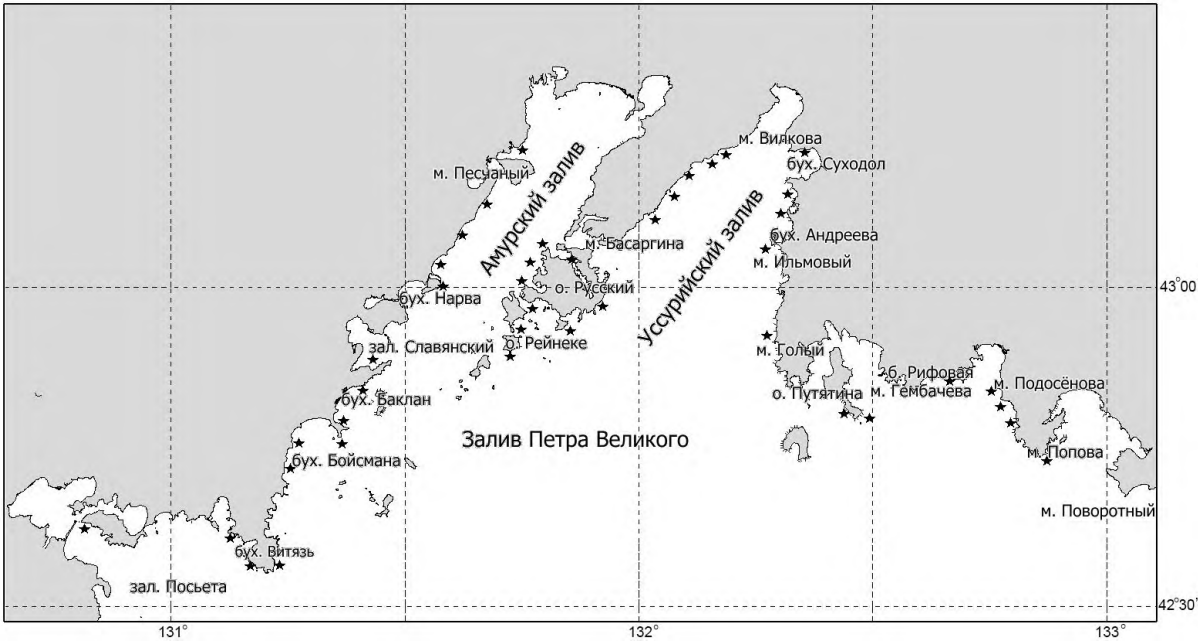


Рис. 1. Места поселения трепанга в зал. Петра Великого.

Самое крупное поселение находится в Амурском заливе, на участке бух. Нарва - мыс Песчаный [Седова, 2011]. На площади 10,9 км² общая биомасса трепанга составляла 154 т. На достаточно высоком уровне сохраняются запасы этого вида еще в зал. Посыета, бух. Суходол и в островной зоне. Ресурсы остальных поселений сильно истощены. Общий запас трепанга в зал. Петра Великого, на площади 23,63 км², оценен в 256,56 т, промысловый – 62,95 т (табл. 1). Незначительное увеличение, по сравнению с предыдущими данными (общий запас – 250,6 т, промысловый – 60,34 т, на площади 23,26 км²), связано с получением новых данных для бухты Баклан в 2024 году.

Таблица 1

Запасы трепанга в зал. Петра Великого					
Район	Глубина, м	Площадь, км ²	Запас, т		Годы
			общий	промысловый	
Зал. Посыета	3-17	0,43	3,14	1,84	2018
Бух. Бойсмана	2-10	1,45	4,09	2,40	2018
Бух. Баклан	5-12	0,78	9,00	4,40	2024
Славянский залив	2-12	0,42	0,48	0,28	2018
Бух. Нарва – мыс Песчаный	2-12	10,88	154	7,20	2009
Островная зона	2-16	4,22	20,72	9,10	2018, 2020
Мыс Басаргина – мыс Вилкова	1-11	0,69	2,87	1,69	2018
Бух. Суходол – бух. Андреева	2-12	2,66	53,33	31,33	2018
Мыс Ильмовый – мыс Голый	4-14	0,53	1,38	0,37	2018
У о. Путятина	4-17	0,33	1,38	0,72	2018
Мыс Гембачева – бух. Рифовая	4-11	0,62	4,36	2,56	2018
Мыс Подосёнова – мыс Попова	3-20	0,62	1,81	1,06	2018
Итого:		23,63	256,56	62,95	

Северо-восточнее мыса Поворотный трепанг распространен только до мыса Южный. При этом, поселения образует лишь на нескольких участках: в бухтах Мелководная и Киевка, а также в районе заливов Ольги и Владимира (рис. 2). В настоящее время обследовать скопления трепанга в бухтах Киевка и Мелководная, а также в районе зал. Владимира, можно только частично, поскольку большая часть этих акваторий занята марикультурными хозяйствами. В местах, где еще существует возможность вести учетные съемки, общий запас трепанга на площади 1,29 км² составляет 2,07 т, промысловый – 0,89 т (табл. 2).

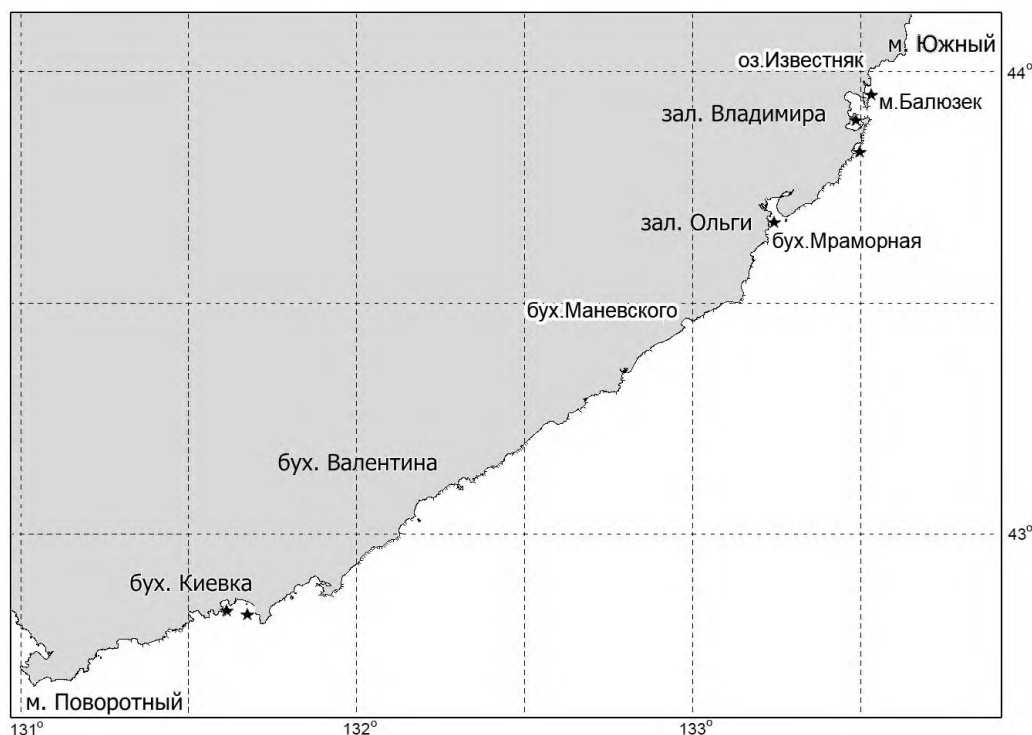


Рис. 2. Места поселения трепанга от мыса Поворотный до мыса Южный.

Таблица 2

Запасы трепанга от мыса Поворотный до мыса Южный

Район	Глубина, м	Площадь, км ²	Запас, т		Годы
			общий	промысловый	
Бух. Киевка	8-16	0,07	0,2	0,1	2016
Бух. Маневского – бух. Мраморная	13-14	0,11	0,15	0,07	2019
Зал. Владимира	2-16	0,90	1,43	0,6	2017, 2019
П-ов Балюзек – оз. Известняк	19-20	0,21	0,29	0,12	2019
Итого:		1,29	2,07	0,89	

Ниже представлены некоторые структурные характеристики поселений трепанга в водах Приморья (с юга на север).

В заливе Посьета, по данным 2018 г., на площади 0,43 км² средняя плотность поселения трепанга составляла 0,01-1 экз./м², средняя биомасса – 23,89 г/м². Весовая структура была представлена особями с массой тела от 11 до 425 г (в среднем – 128 г) (рис. 3). Животные промыслового размера (с индивидуальной массой живой особи более 130 г, что соответствует 100 г

массы кожно-мускульного мешка) составляли почти половину выборки (47%).

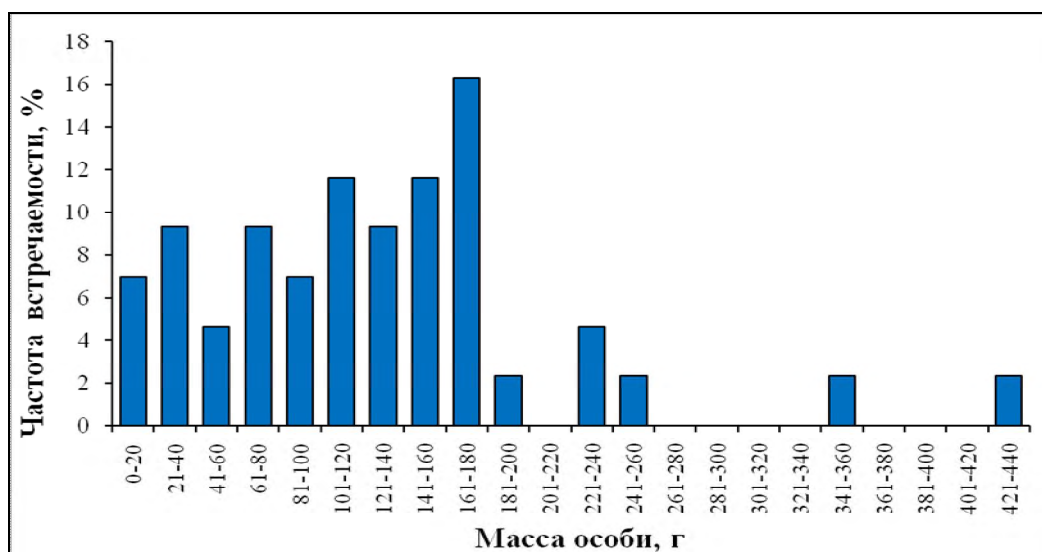


Рис. 3. Весовая структура поселения трепанга в зал. Посыета в 2018 г. (n=43 экз.).

В бух. Бойсмана в 2018 г. трепанг был распределен на площади 1,4 км². Средняя плотность его поселения составляла 0,02 экз./м², средняя биомасса – 2,4 г/м². Выборка состояла из особей с массой тела от 37 до 215 г (в среднем – 94 г). Основу поселения формировали животные непромыслового размера (80%).

В бух. Баклан в 2024 г. трепанг был обнаружен на твердых и смешанных грунтах, в диапазоне глубин 5-12 м, при средней плотности – 0,1 экз./м² и средней биомассе – 8,7 г/м². В поселении присутствовали особи с массой тела от 8 до 140 г (средняя – 65,6 г). Доминировали особи массой 60-80 г (40%), доля непромысловых особей составила 96,1% (рис. 4). Общий запас был оценен в 9 т, промысловый – 4,4 т, на площади 0,78 км² (см. табл. I).

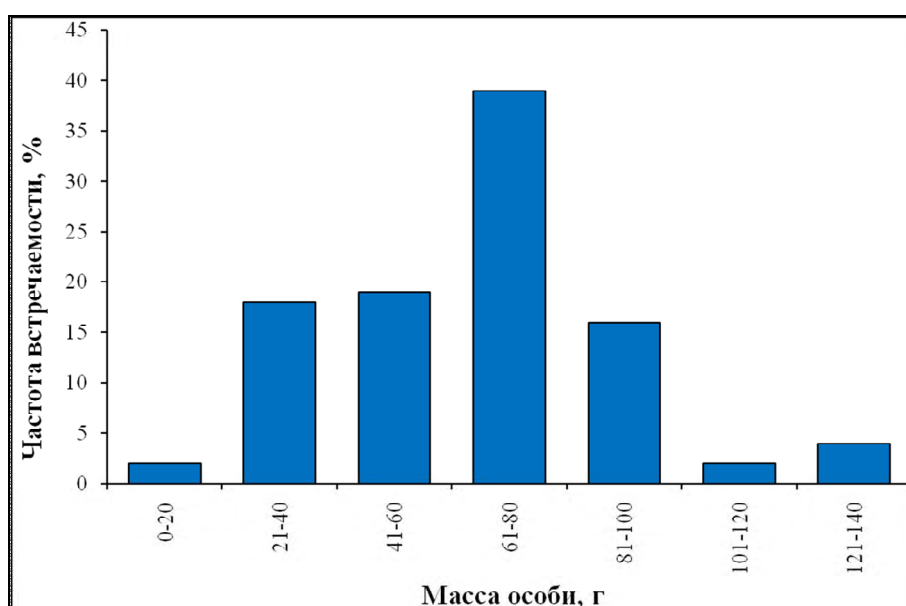


Рис. 4. Весовая структура поселения трепанга в бух. Баклан в 2024 г. (n=51 экз.).

По данным 2018 г., в Славянском заливе, в районе п-ова Брюса, на площади 0,42 км² средняя плотность поселения трепанга составляла 0,01 экз./м². В сборах присутствовали особи с массой тела 64-168 г (в среднем – 119 г). Доля животных непромыслового размера составляла 50%.

В Амурском заливе, на участке от бух. Нарва до мыса Песчаный, поселения трепанга приурочены к полям анфельции. В 2009 г. на площади 10,88 км² средняя плотность его поселений равнялась 0,5 экз./м², средняя биомасса – 19 г/м². Встречались голотурии с массой тела от 5 до 300 г. Наиболее многочисленными были особи непромыслового размера (95,3%) (рис. 5). Крупные половозрелые экземпляры встречались единично.

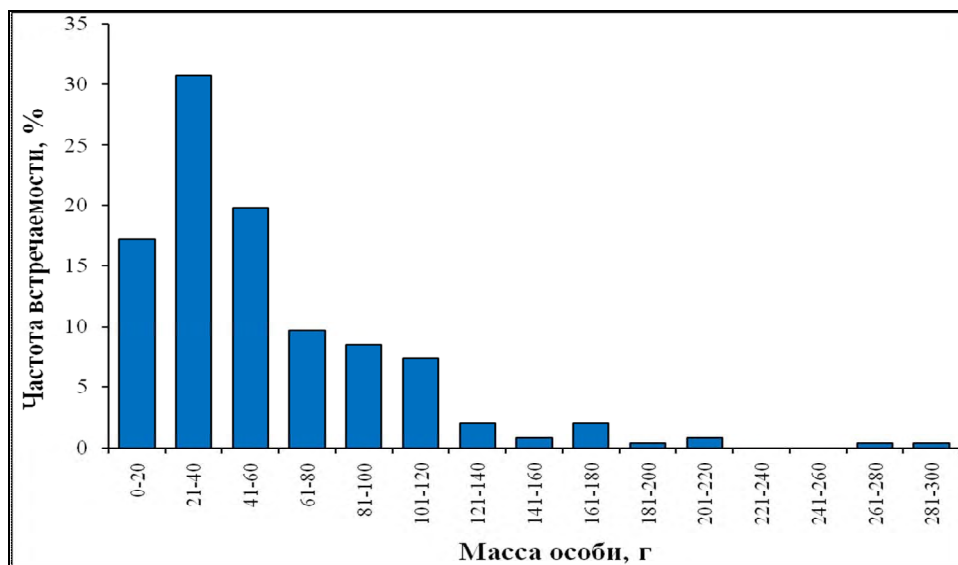


Рис. 5. Весовая структура поселения трепанга в Амурском заливе в 2009 г. (n=257 экз.).

В островной зоне зал. Петра Великого в 2018 г. трепанг встречался на площади 3,8 км², при плотности поселения – 0,01-1 экз./м² и средней биомассе – 5,3 г/м². В поселении были отмечены особи с массой тела от 22 до 394 г (в среднем – 130 г). Животные непромыслового размера составляли 59% выборки (рис. 6).

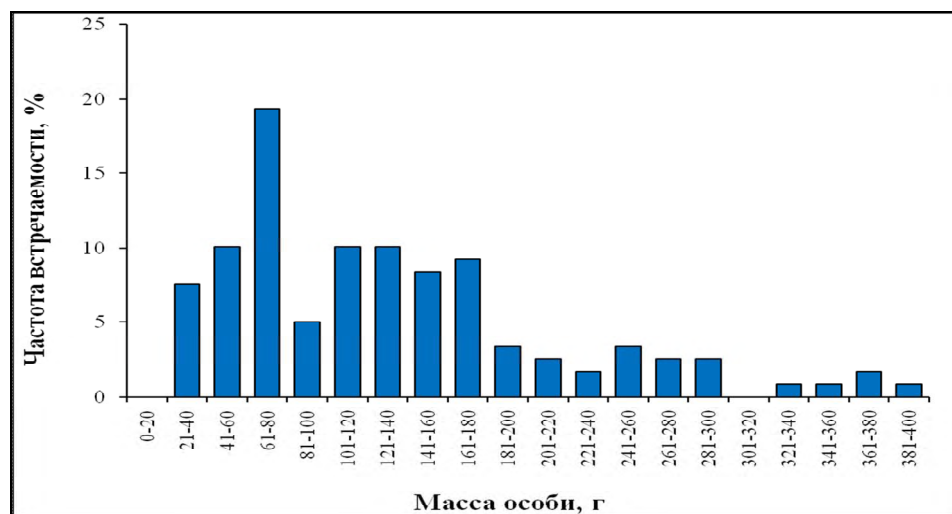


Рис. 6. Весовая структура поселения трепанга в островной зоне зал. Петра Великого в 2018 г. (n=119 экз.).

В 2020 г. в бух. Рында (о. Русский) трепанг встречался на глубинах от 2,5 до 10 м, на разных типах грунтов. Наибольшие показатели обилия (плотность поселения – до 0,2 экз./м² и биомасса – до 12,7 г/м²) наблюдались в местах распространения друз мидии Грея и модиолуса, которые являются естественным убежищем для голотурий. Масса особей трепанга варьировала от 5 до 333 г, составляя в среднем 88,2 г. Доля особей непромыслового размера составила 75,9%.

В мае 2021 г. в проливе Старка, на глубинах от 3,7 до 18,7 м, были отмечены трепанги с массой тела от 9 до 299 г (в среднем – 67,9 г). Плотность составляла от 0,01 до 3 экз./м² (средняя – 0,45 экз./м²), биомасса – 1,09-47,25 г/м² (средняя – 19 г/м²).

В октябре 2023 г. в бух. Новик (о. Русский) трепанг встречался в диапазоне глубин от 1 до 6,8 м. Плотность составляла от 0,01 до 3 экз./м² (средняя – 0,41 экз./м²), биомасса – 0,8-357 г/м² (средняя – 43,6 г/м²). Общая масса встреченных особей изменялась от 3 до 290 г (средняя – 85 г). При этом, особи промыслового размера составляли только 18% выборки.

В Уссурийском заливе, на участке от мыса Басаргина до мыса Вилкова, трепанг не образует значительных концентраций. В 2018 г. на площади 0,7 км² средняя плотность его поселения находилась на уровне 0,12 экз./м², средняя биомасса – 7,1 г/м². Весовая структура состояла из особей с массой тела от 15 до 170 г (в среднем – 60,3 г). Как и в 2013 г., преобладали животные непромысловых размеров (рис. 7). Промысловые голотурии, практически, не встречались.

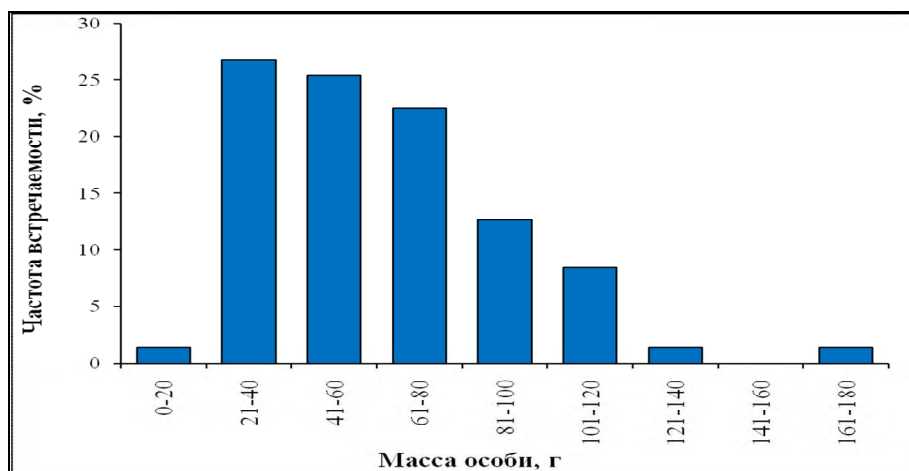


Рис. 7. Весовая структура поселения трепанга на участке от мыса Басаргина до мыса Вилкова в 2018 г. (n=71 экз.).

В восточной части Уссурийского залива, на участке от бух. Суходол до бух. Андреева, показатели плотности поселения и биомассы трепанга в 2018 г. были относительно высокими. На площади 2,66 км² плотность составляла, в среднем, 0,23 экз./м², биомасса – 21,8 г/м². В сборах присутствовали особи с массой тела 12-246 г. Преобладали животные непромыслового размера (77%) (рис. 8).

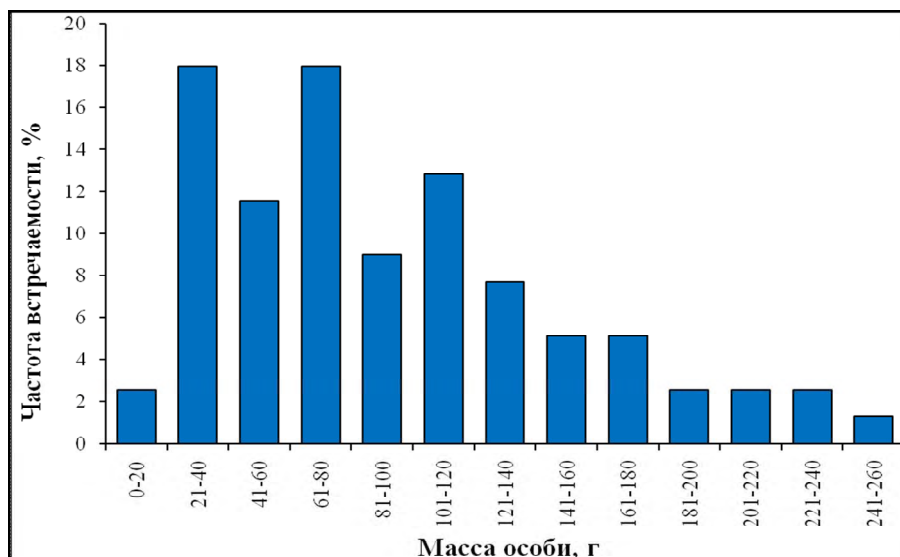


Рис. 8. Весовая структура поселения трепанга на участке от бух. Суходол до бух. Андреева в 2018 г. (n=77 экз.).

На участке акватории от мыса Ильмовый до мыса Голый в 2018 г. трепанг встречался на площади $0,53 \text{ км}^2$, при плотности поселения – до $0,07 \text{ экз./м}^2$. Средняя биомасса составляла $3,3 \text{ г/м}^2$. В сборах были обнаружены особи с массой тела 3-230 г. Преобладали животные непромыслового размера (73,3%).

В районе острова Путятина в 2018 г. средние показатели плотности и биомассы поселения трепанга на площади $0,33 \text{ км}^2$, соответственно, равнялись $0,02 \text{ экз./м}^2$ и $3,5 \text{ г/м}^2$. Весовая структура включала особей массой от 54 до 290 г. Голотурии непромыслового размера составляли 48% выборки.

На участке акватории от мыса Гембачева до бух. Рифовая в 2018 г. трепанг был обнаружен на глубинах от 4,5 до 17 м. Средние показатели плотности поселения и биомассы на площади $0,62 \text{ км}^2$, соответственно, составляли $0,03 \text{ экз./м}^2$ и $5,5 \text{ г/м}^2$. Сборы включали особей с массой тела от 55 до 340 г. Из них 35% особей были непромыслового размера.

По данным 2018 г., на участке от мыса Подосёнова до мыса Попова, на площади $0,62 \text{ км}^2$, трепанг попадался с массой тела от 50 до 265 г (в среднем – 147 г). Средняя плотность поселения составляла $0,02 \text{ экз./м}^2$, средняя биомасса – $2,4 \text{ г/м}^2$. Доля голотурий непромыслового размера – 42%.

В бух. Киевка в 2016 г., на площади $0,14 \text{ км}^2$, плотность поселения трепанга варьировала от 0,01 до $0,1 \text{ экз./м}^2$, средняя биомасса составляла $2,4 \text{ г/м}^2$. Весовая структура состояла из особей с массой тела от 52 до 304 г (в среднем – 140 г) (рис. 9). Преобладали крупные промысловые голотурии – 54,3%.

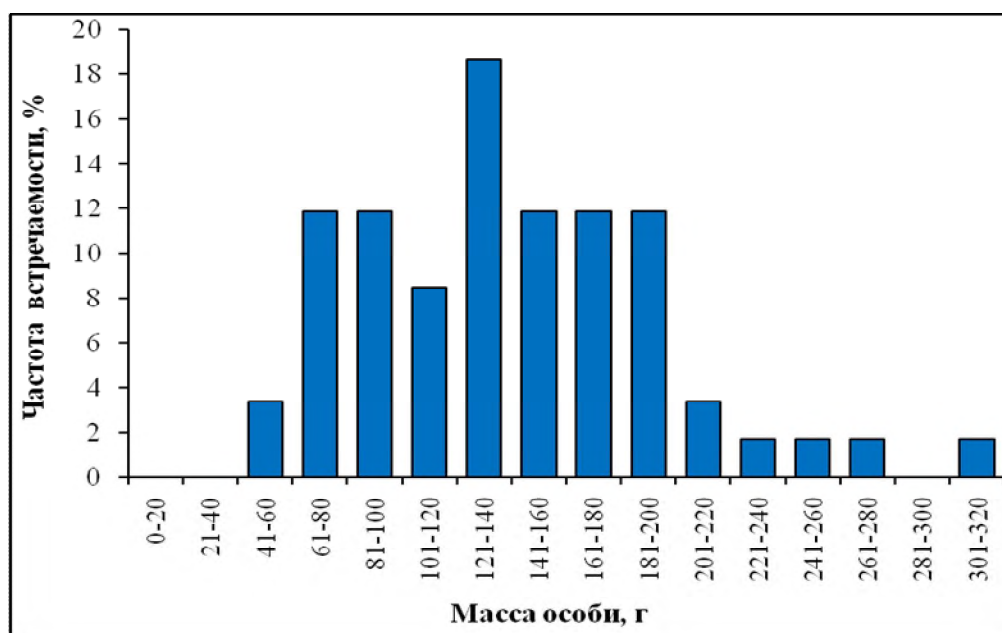


Рис. 9. Весовая структура поселения трепанга в бух. Киевка в 2016 г. (n=59).

В зал. Владимира в 2012 г. трепанг встречался с плотностью 0,01 экз./м². В сборах присутствовали особи размером от 30 до 230 г. Наиболее многочисленными были животные непромыслового размера – 66,7%. В 2017 г. в бух. Южная (зал. Владимира) индивидуальная масса особей составляла от 26 до 207 г. В 2019 г. трепанг встречался единично на скалистых грунтах в районе зал. Владимира, на глубине 4,2 м, и севернее мыса Балюзек на глубине 19,3 м. Плотность и биомасса не превышали 0,02 экз./м² и 2,0 г/м², соответственно. Индивидуальная масса встреченных особей варьировала от 90 до 140 г (средняя – 118,2 г). Доля непромысловых особей составляла 50%.

Таким образом, большинство приморских поселений трепанга сформировано особями непромыслового размера (большой частью неполовозрелыми). С одной стороны, это свидетельствует об интенсивном неконтролируемом изъятии крупных половозрелых животных, с другой – об идущем активном процессе естественного воспроизводства трепанга и высоком темпе роста молоди. При этом, необходимо учитывать, что при неучтенном лове добываются особи, как промыслового размера, так и непромыслового.

Прогнозирование состояния запаса. По данным учетных съемок, общий запас трепанга в подзоне Приморье (южнее мыса Золотой), на площади 24,92 км², оценивается на уровне 0,258 тыс. т, промысловый – 0,064 тыс. т. Основным негативным моментом летних съемок, применительно к данному объекту, является то, что они совпадают с периодом его эстивации. В это время активность многих половозрелых особей после нереста снижается, они находятся в укрытиях и малодоступных местах, практически, не питаются [Левин, 2000]. Вследствие этого, при оценке численности трепанга в летний период происходит недоучет части его ресурсов [Лебедев, 2002]. Масштабы этого недоучета точно не известны.

Поскольку до настоящего времени отсутствуют корректные данные по многолетним и сезонным изменениям структурных характеристик поселений

трепанга, состоянию его ресурсов, естественной смертности и истинных объемах неучтенного лова, спрогнозировать величину запаса данного вида на 2026 г. не представляется возможным.

Определение ориентиров управления и обоснование правила регулирования промысла. Результаты исследований и отсутствие промысловой статистики не позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования ПРП на основе «принципа предосторожности».

Обоснование объема ОДУ. Современное состояние ресурсов трепанга в подзоне Приморье (южнее мыса Золотой) находится на стабильно низком уровне. В связи с этим вылов трепанга в подзоне Приморье рекомендуется только для научных целей в объеме 1,0 т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ трепанга дальневосточного в подзоне Приморье на 2026 г. в объеме 0,001 тыс. т исключительно для осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях.**

Морской еж серый (*Strongylocentrotus intermedius*)

61.04 – зона Южно-Курильская

Исполнители: В.А. Сергеевко (СахНИРО)
Куратор: А.В. Лабутин (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. При подготовке прогноза ОДУ морских ежей на 2026 г. использованы материалы полномасштабной учетной водолазной съемки 2022 г. (рис. 1). Информационной базой прогноза также являются материалы, полученные в результате многолетних оценок биомассы при проведении водолазных съемок 2006-2015 и 2019 гг., анализе архивных материалов и данных промысловой статистики 2003-2020 гг.

Водолазное обследование прибрежной зоны осуществлялось по стандартным гидробиологическим методикам [Левин, 1975]. Выполнено 643 водолазных станций, отобрано на биоанализ 1695 экз., на массовый промер – 10637 экз. морского ежа.

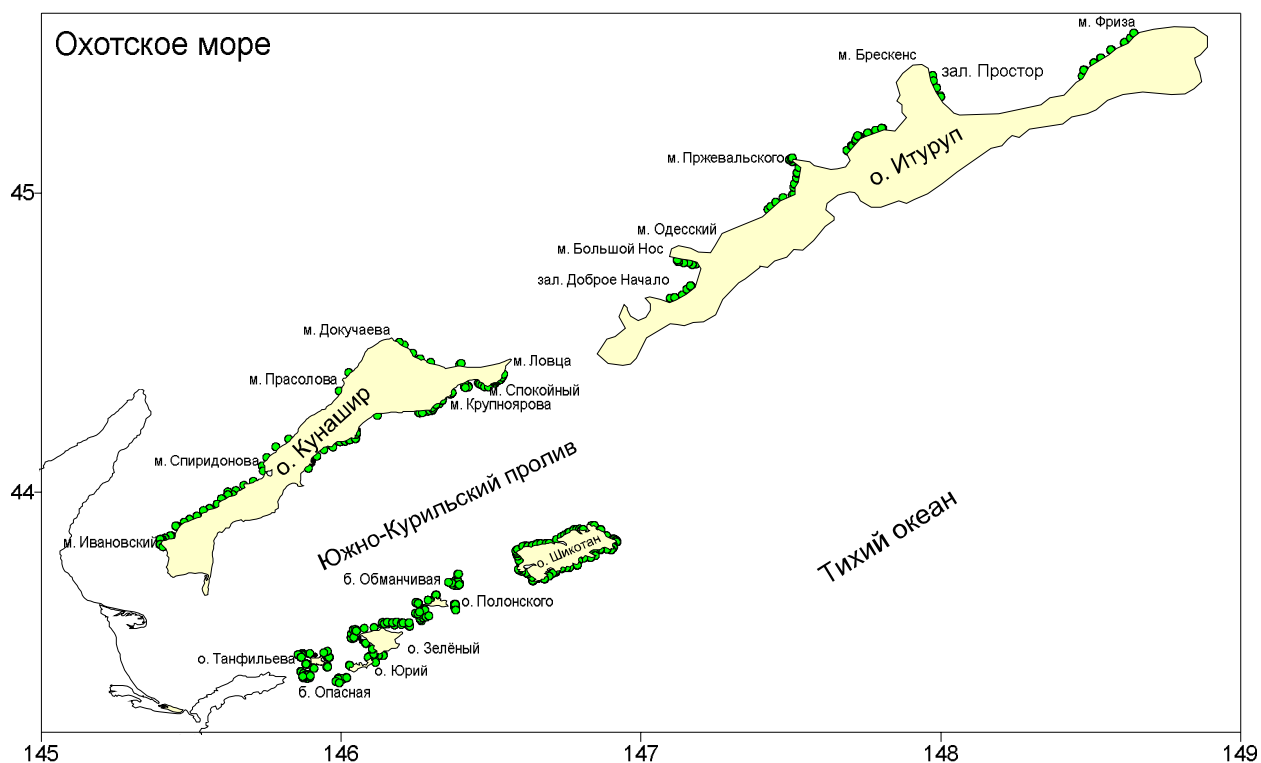


Рис. 1. Карта-схема водолажных станций у южных Курильских островов, выполненных в 2022 г.

В районе Южных Курил можно выделить 4 обособленных скопления серого морского ежа, отличающихся размерным составом и динамикой обилия. Соответственно, данные для оценки запаса и моделирования динамики его численности группировали по четырем участкам (рис. 2).

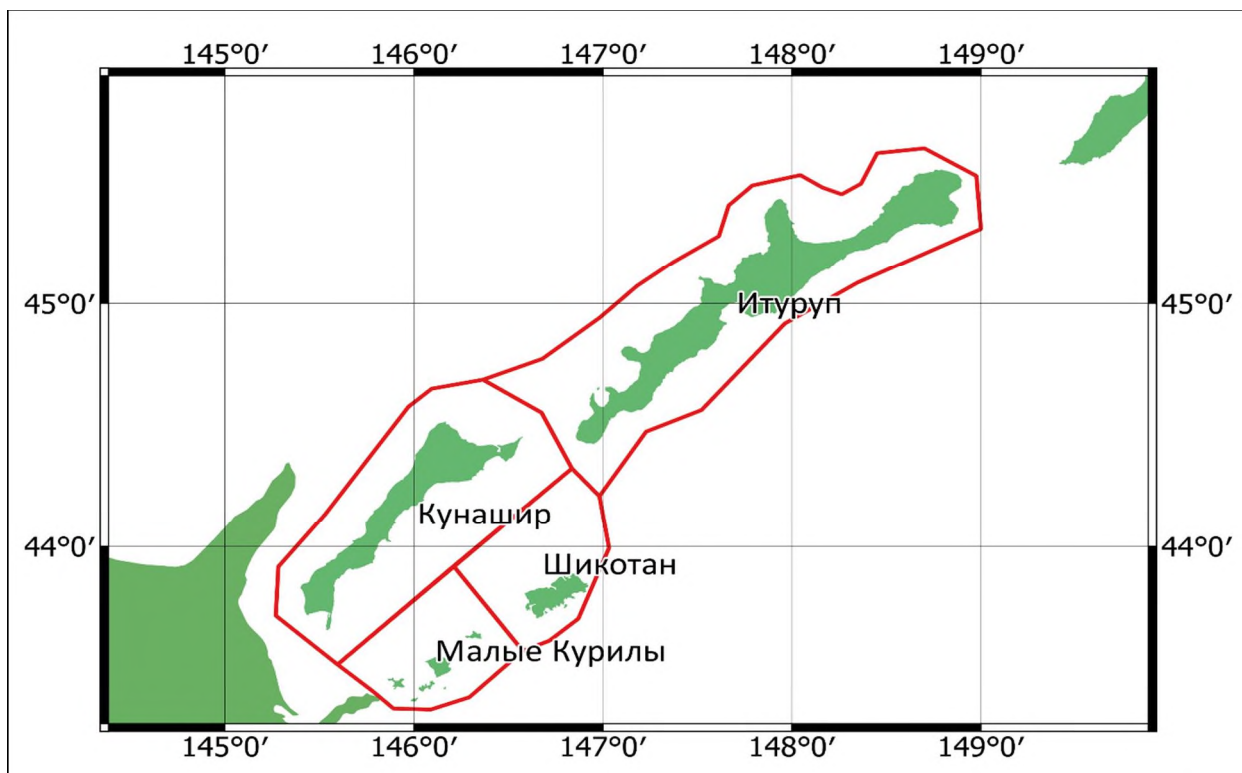


Рис. 2. Районирование Южно-Курильской зоны в соответствии с промысловыми скоплениями морского ежа серого.

Обоснование метода оценки запаса. Традиционно, водолазное обследование прибрежной зоны осуществлялось методом секущих разрезов. В зависимости от плотности поселений, разрезы располагали на расстоянии 1-2 км друг от друга. На каждом разрезе выполнялось от 3 до 6 станций от уреза воды до глубины 25 м, на разных глубинах (0,5-1, 2-4, 8-10, 14-15, 18-20, 22-25 м). Между разрезами выполняли контрольные станции для оценки протяженности поселений морских ежей. В процессе водолазной съемки применяли метод трансект и площадочный метод учета. Для оценки численности серого морского ежа, при прямом учете запаса, использовали метод площадей [Скарлато, Голиков, 1964; Левин, Шендеров, 1975; Левин, 1994]. При расчете запаса учитывали, что промысловая мера для морского ежа серого одинакова для всех районов и составляет 45 мм. Морские ежи с диаметром панциря менее 45 мм считаются непромысловыми. Промысловый запас – это биомасса всех особей промыслового размера (с диаметром панциря 45 мм и выше). Промысловый запас рассчитывается, исходя из оценки общего запаса, с учетом процентного соотношения особей промысловых и непромысловых размеров, как по численности, так и по биомассе. На основании данных по соотношению размерных групп, плотности поселений и среднему весу особей промысловых и непромысловых категорий производится перерасчет промыслового запаса. С этой целью, по материалам водолажного обследования на каждой станции определяется доля промысловых особей, средняя удельная биомасса промысловых и непромысловых особей, средний вес морских ежей для обеих категорий и средняя удельная плотность.

Используются методы сплайн-аппроксимации и геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Keckler, 1994; Wackernagel, 1995].

Учитывали, также, трудности оценки пополнения из-за низкой уловистости (водолазом) особей непромысловых размеров, а также, возможную долю ННН-промысла (несообщаемый, нерегулируемый, незаконный).

Ретроспективное восстановление численности выполнено с помощью аппроксимации Поупа:

$$N_{At} = e^{-M} N_{A+1,t+1} + e^{-\frac{M}{2}} C_{A,t}$$

где N_{At} – численность особей возраста A в год t , $C_{A,t}$ – улов особей возраста A в год t , M – мгновенный коэффициент естественной смертности.

Принималось допущение о едином для всех возрастных групп коэффициенте естественной смертности. Для расчета численности по возрастам использовали размерно-возрастной ключ. Модель настраивали, используя как индексы численности данные съемок и промысловой статистики.

$$I_{A,i,t} = q_{A,i} N_{A,t}$$

где $I_{A,i,t}$ – значение индекса, $q_{A,i}$ – улавливаемость для особей возраста A для соответствующего -го источника данных.

В качестве терминальных значений индексов брались значения уловов на судосутки по данным промысловой статистики. Принимали во внимание более низкую, по сравнению со старшими, уловистость младших возрастных групп. Селективность для водолазных съемок описывали кусочно-линейной функцией

$$\begin{cases} q_{A,S} = a_S A + b_S, A < A_{sum,S} \\ q_{A,S} = q_{max,S}, A \geq A_{sum,S} \end{cases}$$

где $q_{A,S}$ – улавливаемость для особей возраста A , $q_{max,S}$ – максимальная улавливаемость при водолажном учете (принимали равной 1) $A_{sum,S}$ – возраст, соответствующий максимальной улавливаемости, a_S и b_S – коэффициенты линейной регрессии. Линейную функцию в выражении параметризовали через $q_{max,S}$, $A_{sum,S}$ и минимальную улавливаемость $q_{min,S}$.

$$\begin{aligned} a_S &= \frac{q_{max,S} - q_{min,S}}{A_{sum,S} - 1} \\ b_S &= \frac{-q_{max,S} + q_{min,S} A_{sum,S}}{A_{sum,S} - 1} \end{aligned}$$

Учитывая высокую селективность промысла морского ежа (особи непромысловых размеров при добыче морского ежа не изымаются), функцию селективности представили в виде:

$$\begin{cases} q_{A,CPUE} = 0, A < A_{min,CPUE} \\ q_{A,CPUE} = a_{CPUE} A + b_{CPUE}, A_{min,CPUE} \leq A < A_{sum,CPUE} \\ q_{A,CPUE} = q_{max,CPUE}, A \geq A_{sum,CPUE} \end{cases}$$

где $q_{A,CPUE}$ – улавливаемость для особей возраста A , $q_{max,CPUE}$ – максимальная улавливаемость для уловов на судосутки, $A_{min,CPUE}$ – возраст,

когда особи впервые попадают в улов, $A_{sum,CPUE}$ – возраст, соответствующий максимальной улавливаемости, a_{CPUE} и b_{CPUE} – коэффициенты линейной регрессии. Линейную функцию в выражении параметризовали через $A_{min,CPUE}$, $A_{sum,CPUE}$ и минимальную улавливаемость $q_{max,CPUE}$:

$$a_{CPUE} = \frac{q_{max,CPUE}}{A_{sum,CPUE} - A_{min,CPUE}}$$

$$b_{CPUE} = - \frac{q_{max,CPUE} A_{min,CPUE}}{A_{sum,CPUE} - A_{min,CPUE}}$$

Прогнозирование выполняли прямым вычислением:

$$N_{t+1} = e^{-M} N_t - e^{-\frac{M}{2}} C_t$$

Для того чтобы разделить неопределенности процесса и наблюдения, использовали фильтр Калмана. Параметры модели Поупа, функций улавливаемости и фильтра Калмана подбирали с помощью генетического алгоритма.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. В 2014 г. были обследованы поселения серого морского ежа в прибрежной зоне (от 3 до 20 м глубины) островов Итуруп, Кунашир, Шикотан и островов Малой Курильской гряды. В 2019 г. были обследованы поселения серого морского ежа в прибрежной зоне у островов Итуруп, Кунашир, Шикотан и островов Малой Курильской гряды (о. Полонского, о. Зеленый, о. Танфильева, о. Юрий, банки Опасная и Обманчивая), на глубинах от 1 до 20 м.

В 2022 г. обследованы поселения серого морского ежа в прибрежной зоне у островов Итуруп, Кунашир, Шикотан и островов Малой Курильской гряды (о. Полонского, о. Зеленый и пролив Полонского, о. Танфильева, о. Юрий, о. Анучина, банки Опасная и Обманчивая), на глубинах от 1 до 25 м (см. *рис. 1*). В связи с отсутствием специального водолазного оборудования, исследования морских ежей на глубинах более 25 м не выполняли. Скопления животных различной плотности обнаружены практически во всем обследованном диапазоне глубин. Ежи встречались на всех типах грунтов, плотные скопления образовывали на скальных и валунно-каменистых грунтах.

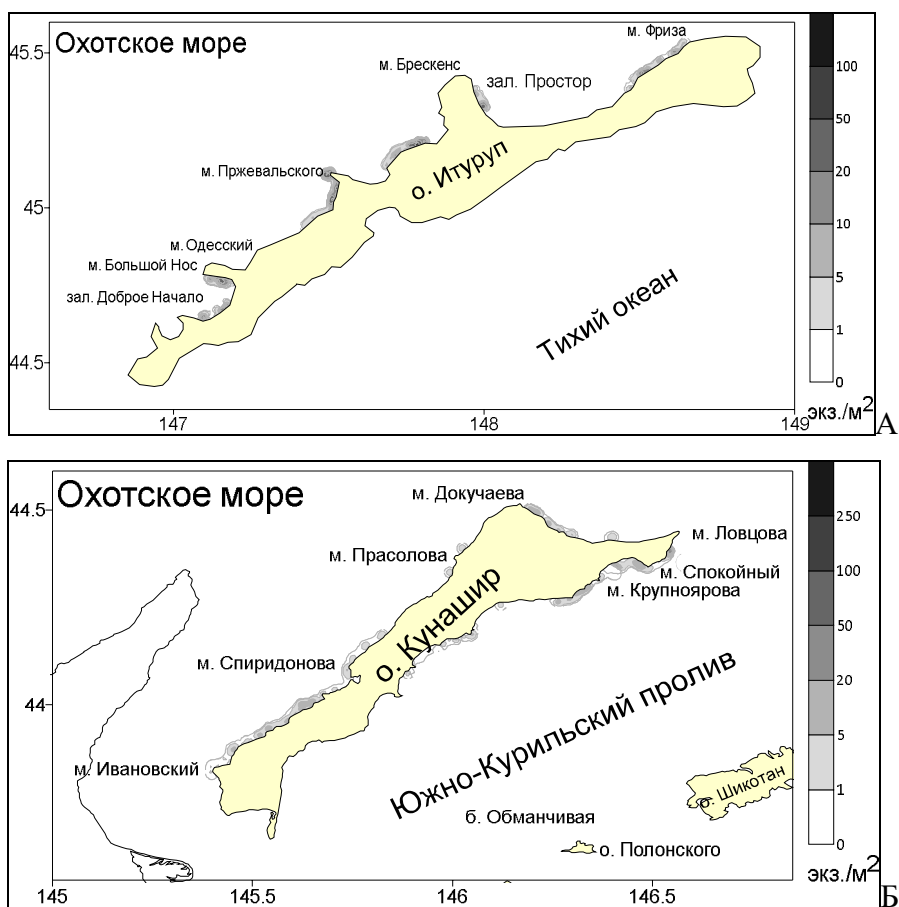
У острова Итуруп серый морской еж образует поселения с охотоморской стороны от залива Доброе Начало на юге, до м. Фриза на севере. Исследованиями были охвачены основные промысловые скопления, на которых наиболее часто ведется промысел. По сравнению с прошлыми годами, в 2022 г. была обследована большая акватория.

В 2014 г. на обследованной акватории у о. Итуруп поселения морского ежа располагались у западного охотоморского побережья от м. Писимой до м. Террасный и от м. Пржевальского до о. Хатцио. Удельная плотность варьировалась от 0,8 до 252 экз./м², при среднем значении – 49,7 экз./м². Поселения с наибольшей биомассой (более 5 кг/м²) отмечены у м. Виноградный и с северной стороны м. Пржевальского.

В 2019 г. частота встречаемости ежей составляла 53%. Плотность поселений варьировала от 0,01 до 288 экз./м², при среднем значении –

22,6 экз./м², биомасса поселений изменялась от 0,03 до 6,796 кг/м², при среднем значении – 0,530 кг/м². В 2019 г. у о. Итуруп отмечено снижение средней плотности.

В 2022 г. частота встречаемости по исследованной акватории о. Итуруп, в сравнении с прошлыми годами, увеличилась и составляла 88,3% (в 2019 г. частота встречаемости – 53%). Исследованиями были охвачены основные промысловые скопления, на которых наиболее часто ведется промысел. Эти скопления занимают до 50% от общей площади поселений, занятой серым морским ежом. На 48,3% обследованных участках морские ежи распределялись равномерно, агрегированный характер распределения отмечен для 51,7% поселений. Скопления промысловой плотности сосредоточены в диапазоне глубин 9-17 м (средняя глубина – 12,7 м). Удельная плотность поселений варьировала от 0,05 до 116 экз./м² при среднем значении – 16,2 экз./м², удельная биомасса поселений изменялась от 0,001 до 3,08 кг/м², при среднем значении – 0,373 кг/м². При агрегированном распределении удельные плотности серого морского ежа варьировали от 11 до 116 экз./м² (средняя плотность агрегаций – 27,4 экз./м²). Удельная биомасса варьировала в пределах 74-3080 г/м² и в среднем была равна 612 г/м². Наиболее плотные скопления ежа (с удельной плотностью более 40 экз./м² и биомассой более 1 кг/м²) отмечены в северной части заливов Простор и Доброе Начало (рис. 3А).



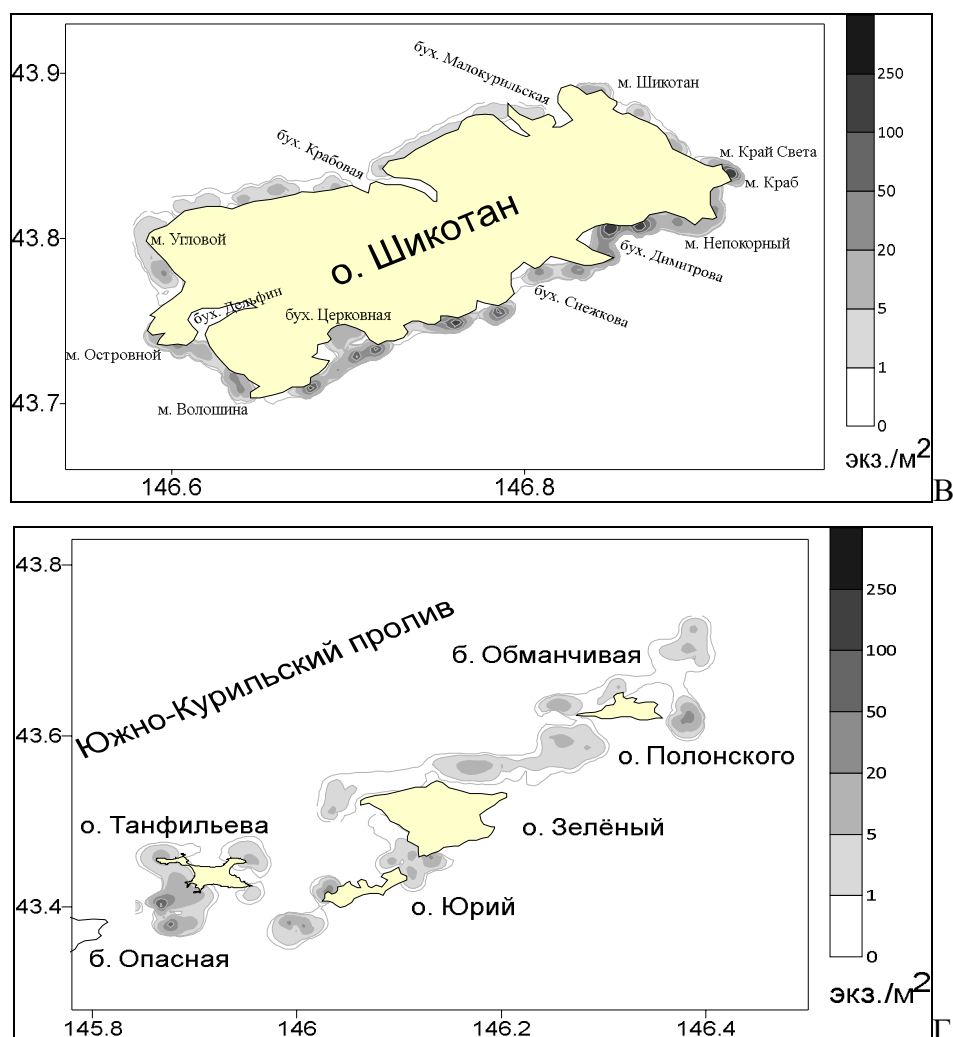


Рис. 3. Схема распределения удельных плотностей поселений морского ежа серого (экз./м²) у южных Курильских островов в 2022 г. А – о. Итуруп, Б – о. Кунашир, В – о. Шикотан, Г – Малая Курильская Гряда.

В водолазных сборах на обследованном участке побережья о. Итуруп присутствовали животные с диаметром от 3 до 80 мм, среднее значение – 37,7 мм (в 2019 г. – 34,9 мм). Среднее значение диаметра панциря промысловых особей – $51,0 \pm 0,2$ мм. В размерном составе ежей этого района преобладали животные с диаметром от 30 до 45 мм (50,8%), модальный размер 41-45 мм (17,5%). Доля промысловых особей в уловах составляла 26,6%. Доля предрекрутов с диаметром панциря 35-44 мм была высокой и составляла 34,2%. Доля молоди с панцирем до 35 мм составляла 39,2%. Масса особей варьировала от 0,1 до 192 г (средняя масса равна $23,2 \pm 0,3$ г). Масса промысловых особей, с диаметром панциря 45 мм и более, варьировала от 19 до 192 г (средняя – $45 \pm 0,6$ г).

В 2022 г. у о. Кунашир (см. *рис. 3Б*) обследованы поселения серого морского ежа с охотоморской стороны, от м. Прасолова до м. Ивановский, северная и северо-восточная часть побережья м. Ремонтный - м. Докучаева, включая банку Раздельную (залив Спокойный).

На участке м. Ремонтный - м. Докучаева частота встречаемости составляла 76,6%. Распределение животных, в основном, было равномерным,

только в 16,7% случаев встречены агрегации от 20 до 282 экз./м² (средняя удельная плотность агрегаций – 67,4 экз./м²). Наиболее высокими показателями обилия отличался участок у м. Рубежный и банки Раздельная (зал. Спокойный), где удельные плотности колебались от 26 до 282 экз./м² (средняя плотность – 124,8 экз./м², средняя биомасса составляла 4811 г/м²). При этом, наибольшие показатели плотности морских ежей отмечены на банке Раздельной: от 150 до 282 экз./м² (средняя плотность – 241 экз./м²). По обследованному участку побережья удельные плотности колебались от 0,02 до 282 экз./м² (средняя плотность – 15,4 экз./м²). Средняя удельная биомасса равна 591 г/м², при варьировании в пределах 0,62-11802 г/м² (табл. 1).

Таблица 1

Плотность (Р) и биомасса (В) поселений морских ежей у о. Кунашир в июле 2022 г.

Район НИР	Р (экз./м ²) min-max	Р (экз./м ²) средняя	В (г/м ²) min-max	В (г/м ²) средняя	Частота встречаемости, %
м. Ремонтный – м. Докучаева	0,02-282	15,4	0,62-11802	591±121,1	76,6
м. Прасолова – м. Ивановский	0,03-24,5	6,3	2,1-1175	248,6±75,1	82
Всего	0,02-282	11,4	0,62-11802	442,6±98,2	78,9

На участке м. Прасолова - м. Ивановский частота встречаемости морских ежей составляла 82%. При агрегированном распределении удельная плотность изменялась от 12,7 до 24,5 экз./м² (средняя плотность агрегаций – 18 экз./м²). По обследованному участку западного побережья удельные плотности колебались от 0,03 до 24,5 экз./м² (средняя плотность – 6,3 экз./м²). Средняя удельная биомасса равна 248,6 г/м², при варьировании в пределах от 2,1 до 1175 г/м².

В целом. на обследованной акватории о. Кунашир частота встречаемости серого морского ежа составила 78,9% (в 2019 г. – 54,1%). Удельные плотности животных по станциям колебались от 0,02 до 282 экз./м², средняя плотность – 11,4 экз./м². Биомасса животных изменялась от 0,62 до 11802 г/м², средняя удельная биомасса поселений равна 442,6 г/м².

Диаметр панциря морских ежей на обследованных участках побережья о. Кунашир в уловах варьировал от 10 до 82 мм, при среднем значении – 47,7 мм. Преобладали животные с диаметром от 40 до 60 мм, доля которых была равна 67,4%, модальная группа – 51-55 мм (20,4%). Доля пререкрутов с диаметром 35-44 мм была высокой и составляла 25,8%. Доля молоди с панцирем до 35 мм составляла 10,5%. Промысловых особи в уловах составляли 63,7%. Среднее значение диаметра панциря промысловых особей – 53,8±0,2 мм. Масса особи варьировала от 2 до 192 г, в среднем составляла 41,6 г. Средняя масса промысловой особи – 53,7 г.

В 2022 г. у о. Шикотан исследованиями были охвачены основные промысловые скопления, где проводится в настоящее время и осуществлялся ранее промысел. По сравнению с прошлыми годами, в 2022 г. была обследована практически вся прибрежная акватория о. Шикотан. Серый морской еж встречался практически вдоль всего побережья о. Шикотан,

тогда как в 2019 г. поселения серого морского ежа в основном были расположены вдоль западного и восточного побережья. Наиболее плотные промысловые скопления ёж образовывал у северной (м. Шикотан - м. Край Света), восточной (м. Краб - м. Волошина), южной (м. Волошина - м. Угловой) и западной (м. Угловой - бух. Малокурильская) сторон острова (см. рис. 3В).

В 2019 г. средняя плотность поселений составляла 15,5 экз./м², варьируя от 0,1 до 76 экз./м². Биомасса изменялась от 0,0015 до 3,464 кг/м² (средняя – 0,586 кг/м²). Частота встречаемости серого ежа у о. Шикотан составляла 55,1%. В уловах присутствовали ежи с диаметром от 13 до 84 мм, средний – 45 мм. Преобладали особи от 40 до 55 мм, модальный размер составлял 45-50 мм (до 17,1%). Доля промысловых особей в водолазных сборах составляла 60,2%. Масса особи варьировала от 2 до 171 г, в среднем составляла 50,1 г. Средняя масса промысловых особи составляла 66,4 г.

В 2022 г. на обследованной акватории о. Шикотан частота встречаемости морского ежа составляла 93,8%. Скопления серого морского ежа приурочены к твердым грунтам в диапазоне глубин 2-27 м. Поселения с наибольшей промысловой плотностью, от 100 до 264 экз./м², были сосредоточены на глубинах от 3,5 до 17,5 м (средняя глубина – 10,3 м). Максимальные уловы (264 и 242 экз./м²) зарегистрированы на 11 и 17,5 м. Удельные плотности скоплений варьировались в пределах от 0,03 до 264 экз./м² (средняя удельная плотность – 34,5 экз./м²), удельные биомассы – от 1,8 до 14 412 г/м² (средняя биомасса – 1 635,4 г/м²) (табл. 2).

Таблица 2

Плотность (Р) и биомасса (В) поселений морских ежей у о. Шикотан в июле 2022 г.

Район НИР	Р (экз./м ²) min-max	Р (экз./м ²) средняя	В (г/м ²) min-max	В (г/м ²) средняя	Частота встречаемости, %
м. Угловой – б. Малокурильская	0,06-45	5,1	4,2-3 025	243,0±52,1	90,6
м. Шикотан – м. Край Света	2,4-20,5	12,0	169,2-1 707,5	748,3±125	92,3
м. Краб – м. Волошина	0,03-264	72,6	1,8-14 412	3648,5±455,5	96,2
м. Волошина – м. Угловой	2-55	19,4	153-2 950	931,8±147	100
Всего	0,03-264	34,5	1,8-14 412	1635,4±265	93,8

В уловах диаметр панциря морских ежей варьировал от 16 до 85 мм. Среднее значение составляло 51,3 мм. Преобладали животные с диаметром от 40 до 65 мм, доля которых 68,4%. Модальная группа – 56-60 мм, их доля – 15,9%. Доля пререкрутов с диаметром панциря 35-44 мм составляла 17,3%. Доля молоди с панцирем до 35 мм равна 10,6%. Доля промысловых особей в водолазных сборах составляла 72,2%. Средний диаметр промысловых особей равен 57,7 мм. Масса морских ежей варьировалась от 1 до 190 г (средняя масса – 51,7±0,3 г). Средняя масса промысловых особей составляла 64,1 г.

В 2022 г. у островов Малой Курильской гряды основные поселения

серого морского ежа располагались у островов Танфильева, Зеленый, Полонского, Юрий, Анучина, включая банки Опасная и Обманчивая (см. *рис. 3Г*). Поселения регистрировали на глубинах от 3,6 до 23 м (средняя глубина – 12,5 м). Частота встречаемости составляла 84,3%. При агрегированном распределении удельные плотности серого морского ежа варьировались от 11 до 124 экз./м² (средняя плотность агрегаций – 30,7 экз./м²). Удельная биомасса варьировалась в пределах 352-8820 г/м² и в среднем была равна 1608,5 г/м². Самые высокие показатели плотности и биомассы серых морских ежей отмечались на глубинах от 11,5 до 22 м (средняя глубина – 14,1 м). Максимальный улов отмечен на глубине 13 м (8820 г/м²) и 11,5 м (6920 г/м²). В период исследований плотность поселений варьировала от 0,025 до 124 экз./м², в среднем составляла 9,0 экз./м². Биомасса изменялась от 1,5 до 8820 г/м² при среднем значении – 490 г/м².

В уловах присутствовали ежи диаметром от 17 до 88 мм, средний диаметр составлял 53,7 мм. Преобладали особи с диаметром от 45 до 65 мм, доля которых – 71,7%. Модальная размерная группа – 51-55 мм, их доля – 21,1%. Пререкруты с диаметром панциря 35-44 мм составляли 13%. Доля молоди с панцирем до 35 мм равна 2,3%. Доля промысловых особей в водолазных сборах составляла 84,8%. Средний диаметр промысловых особей – 56,3 мм. Масса особи варьировала от 4 до 170 г (средняя масса – 55,0±0,6 г). Средняя масса промысловой особи составляла 63,2 г.

В 2022 г., в сравнении с 2015 и 2019 гг., распределение морского серого ежа у островов Малой Курильской гряды (МКГ) существенно не изменилось. По сравнению с прошлыми годами, в 2022 г. была обследована большая акватория. После длительного перерыва вновь были обследованы о. Анучина и пролив Полонского. Промысловые скопления серого морского ежа находятся у островов Танфильева, Юрий, Зеленый, Полонского, Анучина (см. *рис. 3Г*).

В 2015 и 2019 г. средние удельные плотности серого морского ежа были на одном уровне. Плотность в 2015 г. изменялась в пределах 0,2-52 экз./м² (средняя – 6,4 экз./м²). В 2019 удельные плотности поселений варьировались от 0,1 до 55 экз./м² (средняя – 6,4 экз./м²). В 2015 и 2019 г. средняя биомасса составляла 450 и 304 г/м², соответственно.

В 2022 г. у о-ов. МКГ отмечается увеличение средних показателей удельной плотности и биомассы до 9 экз./м² и 490 г/м², соответственно. Также, отмечается увеличение доли промысловых особей с 73,9% (2019 г.) до 84,8%.

Масса одной особи по обследованному району варьировала в пределах от 4 до 182 г, средняя масса равна 55,0 г. Масса промысловых особей, с диаметром панциря 45 мм и более, варьировалась от 22 до 170 г, средняя масса составляла 63,2 г.

В целом, в прибрежной зоне южных Курильских островов серый морской еж встречался во всем обследованном диапазоне глубин от 1,5 до 27 м. Частота встречаемости морских ежей составляла 86%, варьировалась от 77,8% (о. Анучина) до 93,8% (о. Шикотан). Средняя удельная плотность

поселений варьировала от 4,8 до 34,5 экз./м². Удельная биомасса изменялись от 309 до 1 635,4 г/м². Максимальные значения средней плотности и биомассы отмечены у о. Шикотан (34,5 экз./м² и 1635,3 г/м², соответственно), банки Опасной (28,1 экз./м² и 1603 г/м²), о. Анучина (13,7 экз./м² и 625 г/м²). Также высокие удельные показатели численности и биомассы отмечены у о. Итуруп (16,2 экз./м² и 373 г/м²) и о. Кунашир (11,4 экз./м² и 442,6 г/м²).

В первой половине июля у о. Итуруп морские ежи находились в преднерестовом состоянии и в начале нереста (средний ГИ – 19,3%). У о. Шикотан гонады находились в стадии роста и созревания, нерест был на начальной стадии (средний ГИ – 17,5%). У островов Кунашир и Малой Курильской гряды гонады животных находились в стадии роста и созревания, где средний ГИ составлял 12 и 11,1%, соответственно. Соотношение самцов и самок (♂:♀) по всем участкам было близко 1:1.

До 2009 г. показатели популяции морских ежей находились на одном уровне, с небольшими естественными межгодовыми колебаниями. С 2011 г. отмечается увеличение промысловых показателей поселений. Максимальные значения средней удельной биомассы в 2014 г. получены для о. Шикотан – 2,92 кг/м². В 2022 г. отмечается увеличение удельной биомассы на островах Кунашир, Шикотан и Малые Курилы (рис. 4).

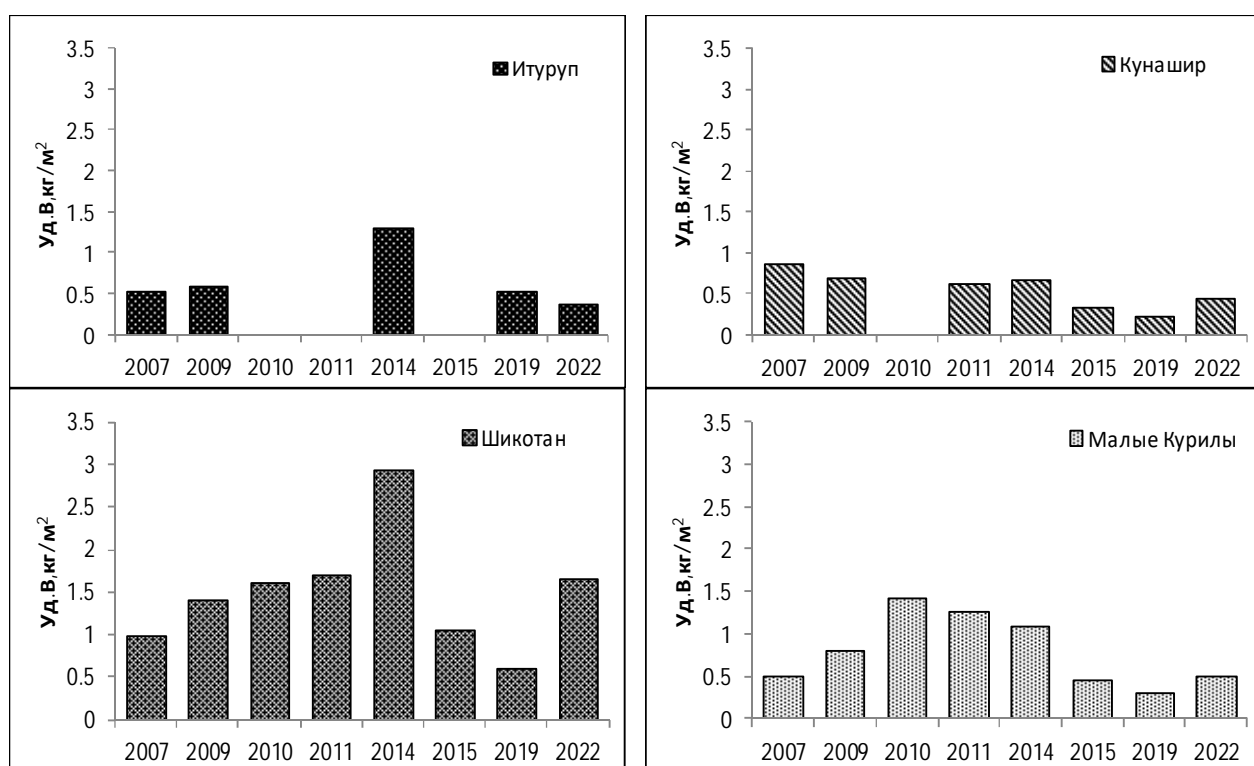


Рис. 4. Динамика средней удельной биомассы морского ежа серого у южных Курильских островов

Биопромысловые показатели скоплений серого морского ежа в 2022 г. приведены в *таблице 3*.

Таблица 3

Биопромысловые показатели поселений морского ежа
у южных Курильских островов в июле 2022 г.

Район	Удельная плотность, экз./м ²			Удельная биомасса, г/м ²			Диаметр панциря, мм			Доля пром., %
	Мин.	Макс.	Ср.	Мин.	Макс.	Ср.	Мин.	Макс.	Ср.	
о. Итуруп	0,05	116	16,2	1,0	3080	373	3	80	37,7	26,6
о. Кунашир	0,02	282	11,4	0,62	11802	443	10	82	47,7	63,7
о. Шикотан	0,03	264	34,5	1,8	14412	1 636	16	85	51,3	72,2
о-ва Малой Курильской гряды	0,025	124	9,0	1,5	8820	490	17	88	53,7	84,8
Итого	0,2	282	17,0	0,62	14412	742,3	3	85	47,6	

В целом, у южных Курильских островов обследованная площадь поселений серого морского ежа составила 184,5 км². Общая биомасса на обследованной акватории в 2022 г. оценена в 110,492 тыс. т, промысловая – 96,065 тыс. т (табл. 4). В действительности, эти показатели могут быть выше, так как из-за погодных условий не были обследованы глубины более 25 м и некоторые участки побережья островов Малой Курильской гряды с тихоокеанской стороны.

Отмеченное увеличение биомассы серого морского ежа у южных Курильских островов в 2022 г. свидетельствует о благоприятных условиях для роста его популяции. Однако, в исторической перспективе максимальные оценки биомассы морских ежей были отмечены в 2006, 2010 и 2014 гг., когда биомасса достигала 133,026 тыс. т, 132,57 тыс. т, и 140,754 тыс. т, соответственно.

Таблица 4

Оценка текущего состояния запаса морского ежа серого
у южных Курильских островов в июле 2022 г.

Продукционные показатели	о. Итуруп	о. Кунашир	о. Шикотан	острова МКГ	Итого
Обследованная площадь, км ²	35,2	40,7	30,1	78,5	184,5
Частота встречаемости, %	78,9	88,3	93,8	84,3	–
Площадь поселений, км ²	27,8	35,9	28,2	66,1	158
Средняя удельная плотность, экз./м ²	16,2	11,4	34,5	9,0	17,0
Общая численность, млн. экз.	450,360	409,26	972,9	594,9	2427,42
Доля промысловых особей (≥45 мм по диаметру панциря), %	26,6	63,7	72,1	84,8	–
Численность промысловых особей, млн. экз.	119,96	260,699	701,46	504,475	1586,594
Общая средняя масса особи, г	23,2	41,6	51,7	55,0	–
Средняя масса промысловых особей, г	45,0	53,7	64,1	63,2	–
Биомасса общая, тыс. т.	10,448	17,025	50,299	32,720	110,492
Биомасса промысловая, тыс. т.	5,391	14,0	44,893	31,781	96,065

Результаты мониторинга на промысле морского ежа в 2013-2016 гг. показали наличие существенных промысловых скоплений на глубинах более 20 м (рис. 5). Промысел в настоящее время ведется и на глубинах более 20 м и на тихоокеанских участках побережья островов.

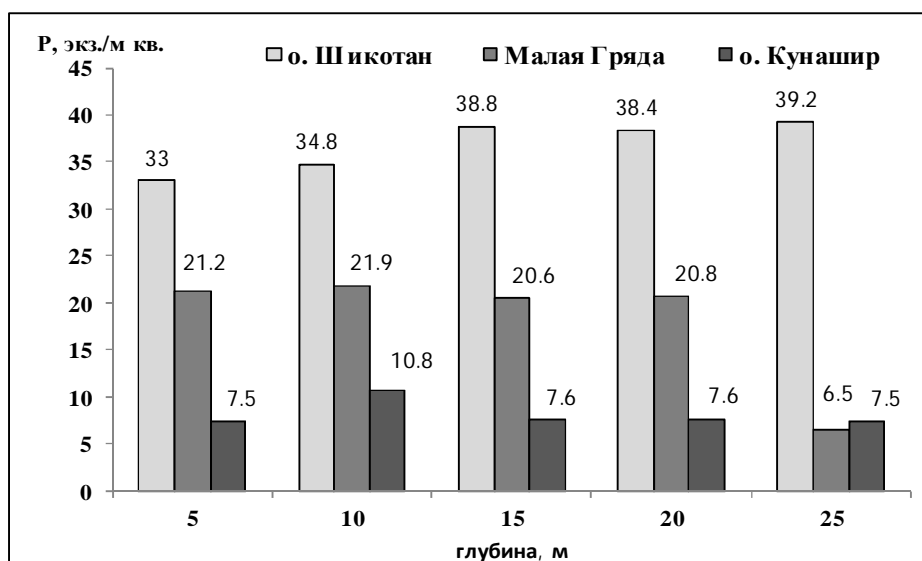


Рис. 5. Батиметрическое распределение средней удельной плотности морского ежа серого у южных Курильских островов по промысловым данным в 2016 г.

Анализ данных по размерному составу морских ежей в 2006-2014 гг. демонстрирует преобладание в уловах животных возраста 3-4 года с размером 35-44 мм, что говорит о стабильном пополнении популяции (рис. 6, 7). Доля пререкрутов у о. Итуруп изменялась от 32 до 55% (среднегодовое значение равно 40,6%). Доля пререкрутов, животных, вступающих в промысел на следующий год, составляла у о. Кунашир 31,6%, у о. Шикотан – 30,4%, у островов Малой Курильской гряды – 16,7%.

Анализируя современный размерный состав морских ежей у южных Курильских островов в последние годы, отмечено, что доля пререкрутов с диаметром панциря 35-44 мм остается стабильно высокой и составляет у о. Итуруп – 34,2%, у о. Кунашир – 25,8%, у о. Шикотан – 17,3%, у островов Малой Курильской гряды – 13,1%, что свидетельствует о хорошем состоянии и регулярном пополнении популяции (рис. 8).

В сравнении с 2019 г., распределение размерных групп существенно не различается. Минимальный средний размер серого морского ежа, традиционно, характерен для поселений у о. Итуруп – 37,7 мм, максимальный – для поселений у Малой Курильской гряды (53,7 мм). Промысловые особи преобладали в водолазных сборах у островов Малой Курильской гряды и о. Шикотан (84,8 и 72,2%, соответственно). У островов Кунашир и Итуруп, что также характерно для района, доля промысловых животных была ниже и составляла 63,7% и 26,6%.

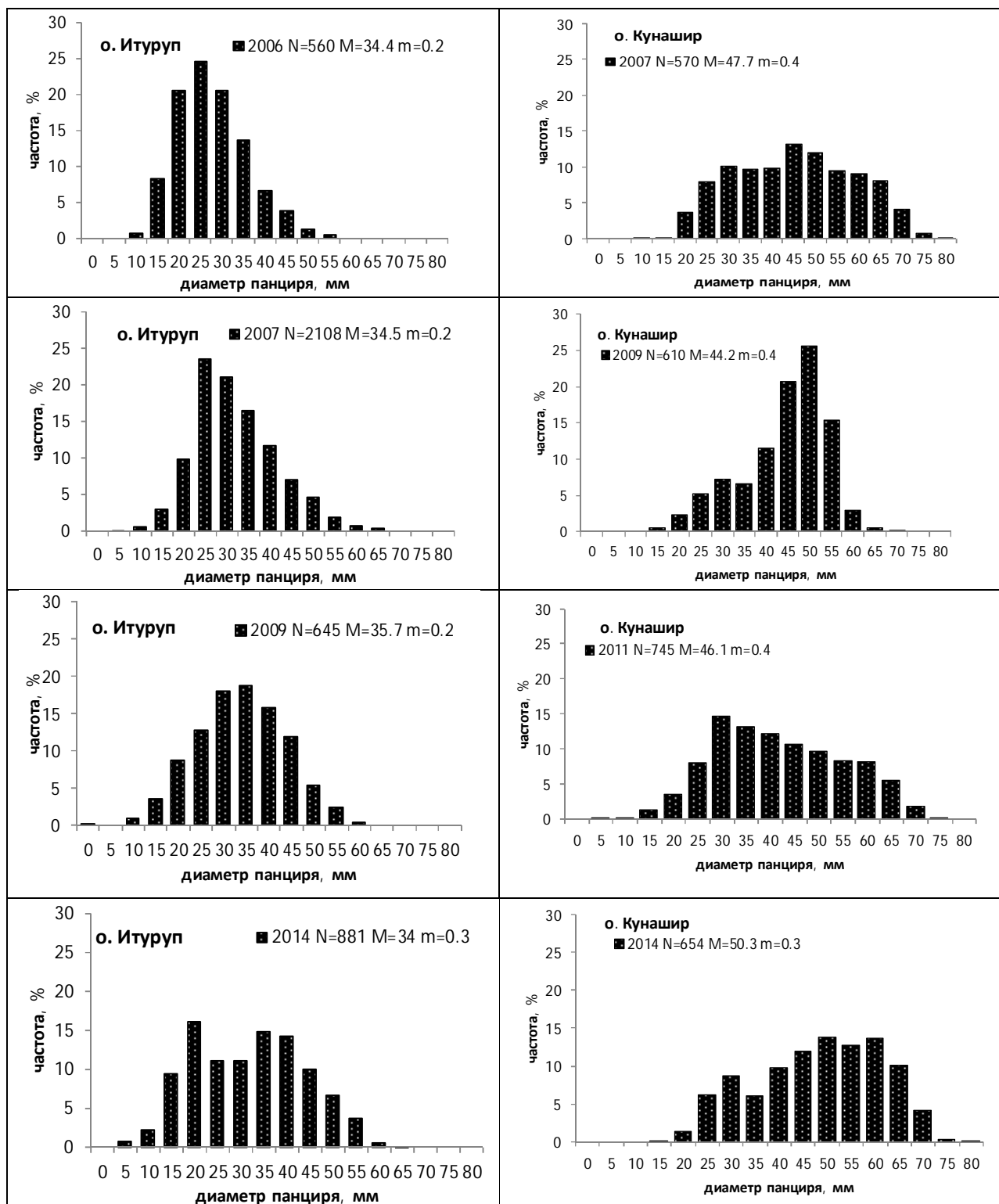


Рис. 6. Динамика размерного состава морского ежа серого у островов Итуруп и Кунашир по данным съемок 2006-2014 гг.

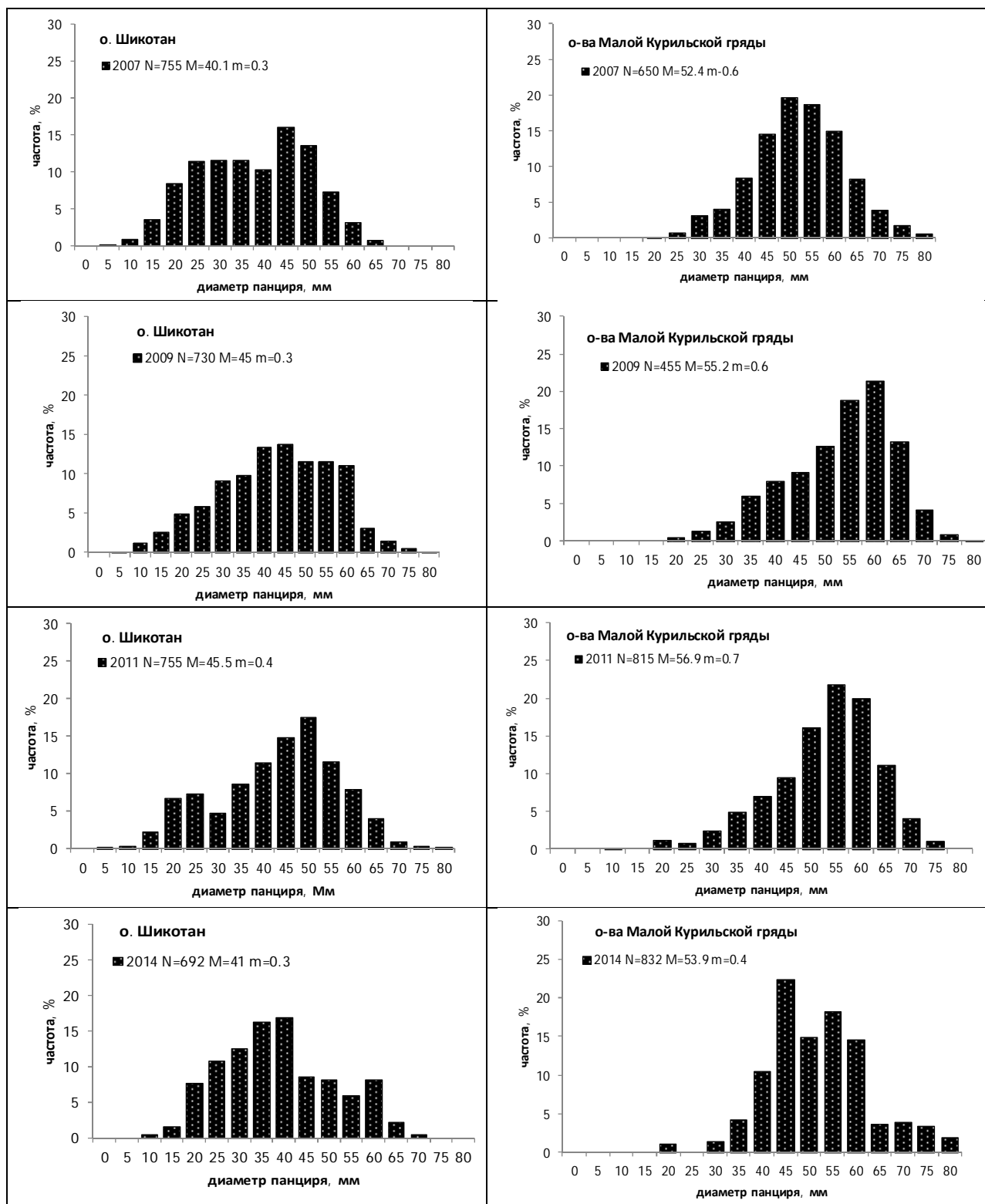


Рис. 7. Динамика размерного состава морского ежа серого у островов Шикотан и Малой Курильской гряды по данным съемок 2006-2014 гг.

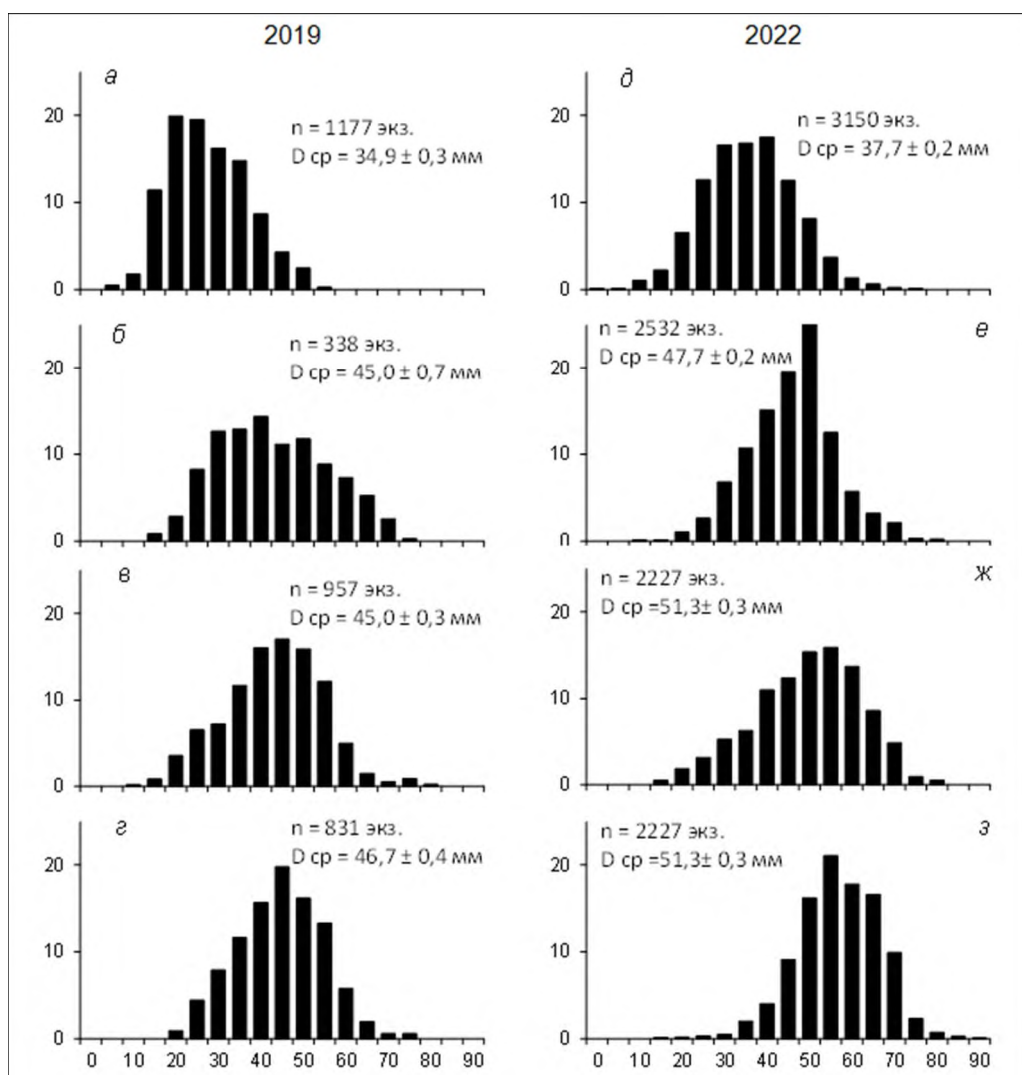


Рис. 8. Размерный состав поселений морского ежа серого у южных Курильских островов по данным съемок 2019 и 2022 гг. у островов Итуруп (а, д), Кунашир (б, е), Шикотан (в, ж) и Малой Курильской Гряды (г, з).

В последнее десятилетие общий запас в прибрежной зоне южных Курильских островов остается стабильно высоким. В 2022 г. повсеместно наблюдается его рост. В тоже время, у о. Итуруп отмечено увеличение промыслового запаса, в сравнении с 2019 г., с 4,075 т до 5,391 тыс. т за счет увеличения доли промысловых особей с 16% до 26,6% и расширения района исследования. Поскольку все поселения морских ежей являются частью единой популяции, то локальное уменьшение общего запаса не оказывает значительного влияния на состояние запаса в целом. У островов Кунашир, Шикотан и Малой Курильской гряды, в сравнении с 2019 г., отмечается увеличение общей и промысловой биомассы.

Отмеченное снижение некоторых характеристик поселений морского ежа серого в районе южных Курильских островов в 2019 г. не оказывает значительного влияния на изменение численности. Можно сказать, что это явление характерно для интенсивно облавливаемых популяций. При промысле вылавливаются только особи промыслового размера (более 45 мм), что обусловлено технологией переработки. Возраста половой зрелости

морской еж достигает при диаметре панциря 30-35 мм, (или 2-3 лет), и у этих размерных групп уже встречаются зрелые гаметы. Хорошо питающаяся молодь созревает в возрасте 3 лет. Поэтому до вступления в промысел и вылова каждая особь успевает отнереститься, как минимум, два раза.

Также, необходимо отметить, что учетные съемки охватывают только часть зоны обитания морских ежей, поскольку основные водолазные станции выполняются только до 20 м глубины. В 2022 г. на глубине 25 м выполняли контрольные точки, которые показали существование значительных скоплений морских ежей, поэтому вероятность пополнения прибрежных поселений морскими ежами с глубины, в результате нерестовых и кормовых миграций, не исключена. При наличии миграций, они могут пополнять относительно мелководные группировки. Ценность глубинных группировок морских ежей заключается в том, что они являются своеобразным «резервом» пополняющим «маточное» стадо на мелководных участках в период нереста, обеспечивая возможность воспроизводства.

Оценки численности серого морского ежа на различных участках южных Курильских островов, полученные по результатам моделирования, приведены на *рисунке 9*.

В Южно-Курильском промысловом районе популяция морского ежа в последние годы эксплуатируется достаточно интенсивно (*табл. 5*). В 2023 г. в промысле принимали участие от 1 до 14 малотоннажных судов (типа РС-300, РШ) с бригадой водолазов из 10-12 человек на каждом судне. Сравнение уловов на усилие при промысле морского ежа показало, что при стандартном промысловом усилии (один водолаз, постоянное время, затрачиваемое водолазом на сбор животных, ограниченное 14-литровым объемом воздуха в аквалангах) величина уловов значительно не изменялась. В 2017-2020 гг. уловы на усилие (на одного водолаза) варьировались от 41,4 до 105,2 кг, составив в среднем 70-75 кг и практически не отличались от уловов прошлых лет. Уловы могли быть и выше, но в основном промысел базируется на глубоководных скоплениях, что сокращает время работы водолаза под водой.

В 2024 г. общее время промысла составило 205 суток (В 2023 г. – 199 суток, в 2022 г. – 220 суток, в 2021 г. – 216 суток; в 2020 г. – 227 суток). Для полного освоения ОДУ общее количество промысловых усилий составило 1195 судосуток и отличалось от уровня 2021-2022 гг. – 1289 и 1350 судосуток, соответственно. В первой половине года выловлено 59,5% (в 2023 г. – 61,8%, в 2022 г. – 59,1%, в 2021 г. – 61,4%; в 2020 г. – 59,2%) от годового ОДУ, и промысел был закончен в более ранние сроки (в конце июня), в связи с более ранним нерестом ежа, и отсутствием его востребованности на рынке. На промысле находилось, в основном, от 1 до 5 судов – 82 промысловых суток (227 судосуток), от 6 до 10 судов – 117 суток (902 судосуток). Максимальное количество в 11 судов, находящихся на промысле, составило всего 6 промысловых суток (66 судосуток).

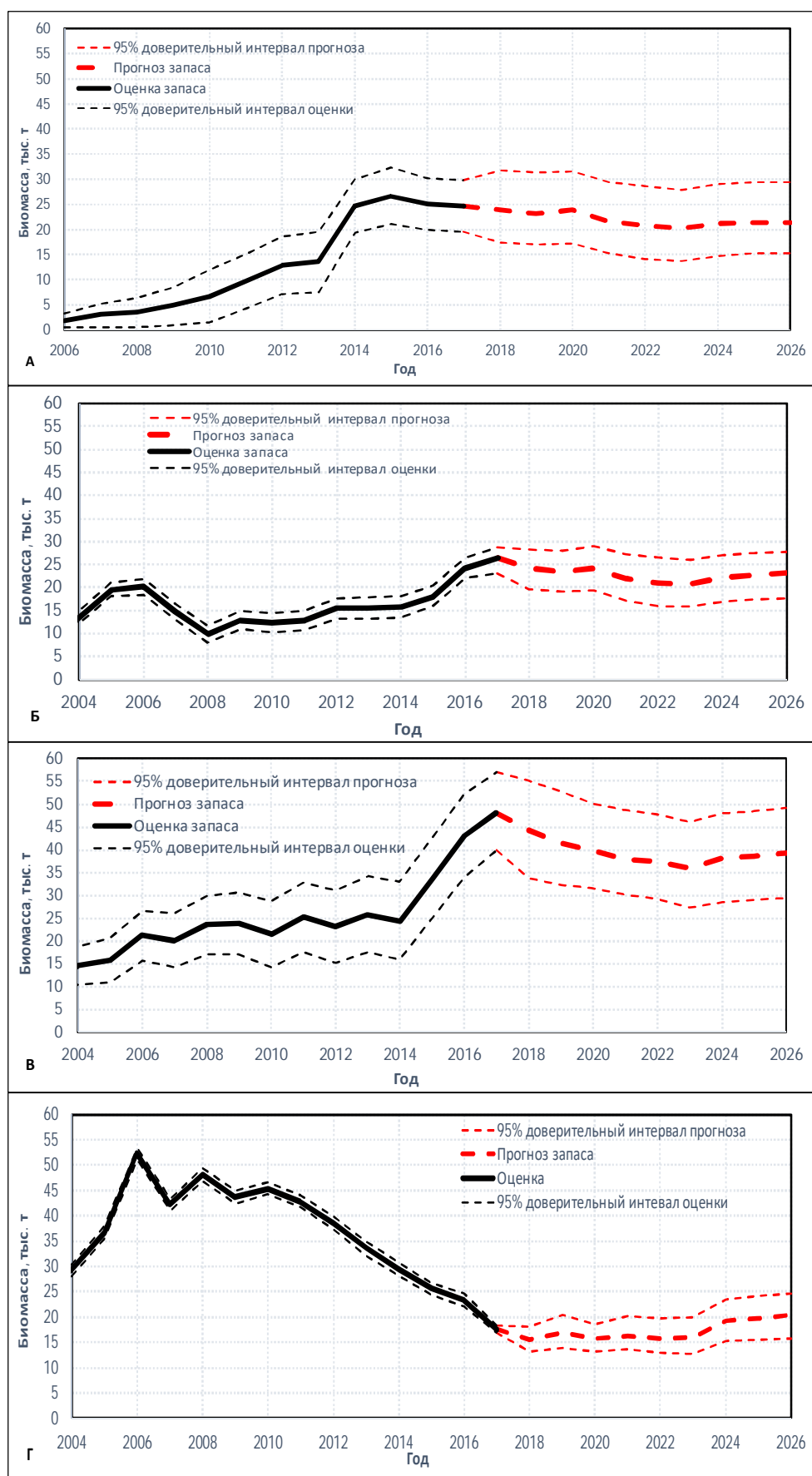


Рис. 9. Динамика и прогноз запаса морского ежа серого у южных Курильских островов по результатам моделирования. А – о. Итуруп, Б – о. Кунашир, В – о. Шикотан, Г – Малая Курильская Гряда.

Таблица 5

Динамика вылова морских ежей в прибрежье южных Курильских островов

Год	ОДУ, т	Фактический вылов, т	Освоение ОДУ, в %
2001	360	155,0	43,1
2002	1006	724,5	72,0
2003	1241	840,9	67,8
2004	1294	634,2	49,0
2005	1950	926,9	47,5
2006	3257	1805,4	55,4
2007	5257	2886,4	54,9
2008	6061	4717,3	77,8
2009	6061	5785,0	95,4
2010	6061	6010,0	99,2
2011	6061	5962,3	98,4
2012	6061	5908,0	97,5
2013	6061	6036,0	99,6
2014	6061	6060,0	99,9
2015	6061	6060,8	99,9
2016	6061	6031,7	99,0
2017	6061	5954,2	98,2
2018	6061	6013,1	99,2
2019	6061	6048,4	99,8
2020	6061	6060,2	99,9
2021	6061	6060,73	100
2022	6061	6052,1	99,9
2023	6061	6050	99,8
2024	6061	6059	99,9

Улов всеми судами на промысле ежа колебался от 0,13 до 53,3 т (в среднем – 19,36 т/сутки) и находился на уровне 2021-2023 гг. – 19,68 т/сутки, 18,92 т/сутки и 18,97 т/сутки; соответственно. Улов на одно промысловое судно за сутки варьировался от 0,13 т до 6,65 т (в среднем – 3,1 т/сутки) и был на уровне 2021-2023 г. – 3,48, 3,14 и 3,44 т/сутки, соответственно. В целом, промысловая обстановка не отличалась от прошлых лет. Средние уловы на судно и судосутки остались практически на одном уровне. Общее количество промысловых усилий для достижения полного освоения ОДУ в 2024 г. было на уровне 2018-2023 гг.

Определение биологических ориентиров. Несмотря на то, что для каждого из поселений серого морского ежа в Южно-Курильской зоне характерна своя динамика численности, они пополняются как единая популяция. Таким образом, можно построить ПРП для всей популяции. Доля изъятия, соответствующая максимальному устойчивому вылову, составила 12%, $B_{MSY} = 60$ тыс. т (рис. 10).

В качестве граничного ориентира выбрали 20% от девственной биомассы запаса (равной 120 тыс. т) – 24 тыс. т. Буферный ориентир выбрали, исходя из неопределенности оценки запаса, $B_{buf} = 27,4$ тыс. т. Граничный ориентир по промысловой нагрузке выбрали, исходя из результатов имитационного моделирования. Изъятие, ведущее к устойчивому снижению запаса, оценено величиной 20%. Значения

ориентиров управления промыслом приведены в *таблице 6*.

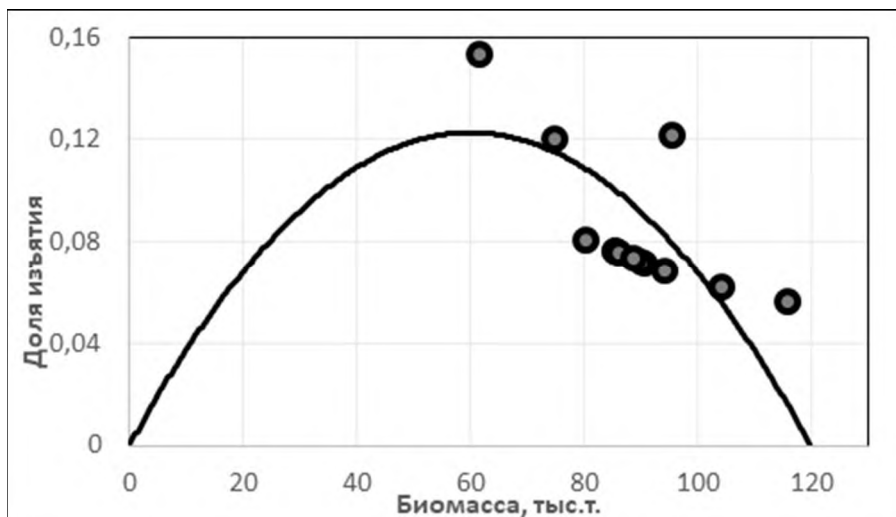


Рис. 10. Оценка кривой равновесного вылова для морского ежа серого южных Курильских островов.

Таблица 6

Ориентиры управления промыслом морского ежа серого зоны Южно-Курильской

Биомасса, тыс. т			Коэффициент эксплуатации, %		
Граничный, B_{lim}	Целевой, B_{tg}	Буферный, B_{buf}	НИР, u_0	Граничный, u_{lim}	Целевой, u_{tg}
24	60	27,4	0,83	20	12

Обоснование правила регулирования промысла. Правила регулирования промысла (ПРП) конструировали на основе модификации «предосторожного подхода», принятого во ВНИРО [Бабаян, 2000].

Выделялось три режима эксплуатации (*рис. 11*), в зависимости от оценки биомассы запаса B_t :

– режим НИР, $B_t \leq B_{lim}$: величина рекомендуемого изъятия U_{rec} постоянна и соответствует величине изъятия, необходимого для НИР, $U_{rec} = const = u_{lim}$;

– режим восстановления запаса, когда величина рекомендуемого изъятия устанавливается в соответствии с величиной запаса, $B_{lim} < B_t < B_{tr}$:

$$U_{rec} = \frac{(u_{tr} - u_0)(B_t - B_{lim})}{B_{tr} - B_{lim}} + u_0;$$

– режим постоянной интенсивности промысла, $B_t > B_{tr}$,
 $U_{rec} = const = u_{tr}$.

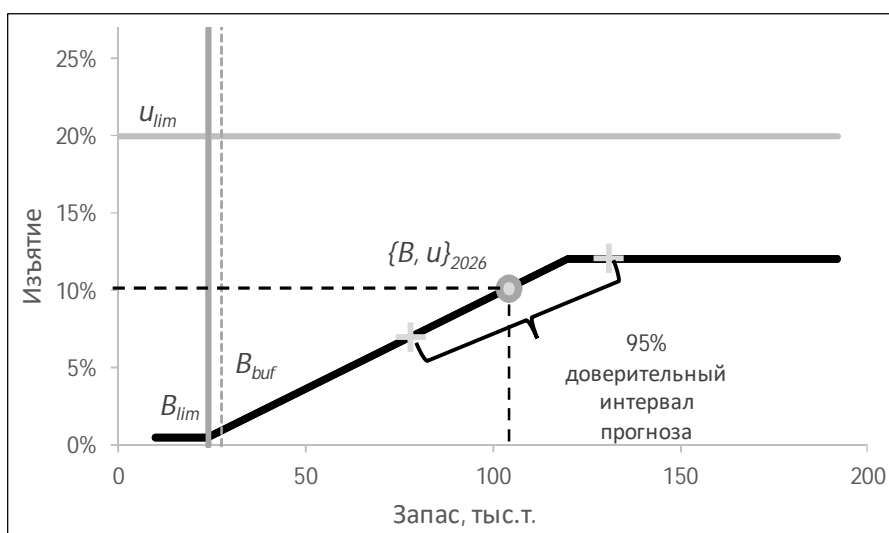


Рис. 11. Графическое представление ПРП для морского ежа серого зоны Южно-Курильской.

Прогноз состояния запаса. По результатам моделирования динамики численности серого морского ежа южных Курильских островов, ожидаемая в 2026 г. биомасса промыслового запаса оценена в величину $104,209 \pm 25,1$ тыс. т (табл. 7).

Обоснование объема ОДУ. Значительная неопределенность в прогнозе запаса морского ежа серого в Южно-Курильской зоне связана с тем, что в последние годы учетные съемки в районе обитания серого морского ежа проводятся не ежегодно. При этом не всегда удается полностью охватить площади, занятые промысловыми скоплениями. Кроме того, необходимо учитывать, что на островах Малой Курильской гряды в 2023-2024 гг. промысел не осуществлялся.

Таблица 7

Ожидаемая величина запаса морского ежа серого у южных Курильских островов в 2026 г.

	о. Кунашир	о. Итуруп	о. Шикотан	о-ва Малой Курильской гряды	Итого
Промысловая биомасса, тыс. т	$23,176 \pm 5,0$	$21,324 \pm 7,5$	$39,384 \pm 9,6$	$20,324 \pm 2,7$	$104,209 \pm 25,1$

Учитывая полученные прогнозные значения промыслового запаса в 2025 г. на уровне 104,209 тыс. т и рекомендуемый объем изъятия 10%, к промыслу можно было бы рекомендовать около 10 тыс. т. Но из-за существующей неопределенности в прогнозе, рекомендуется сохранить ОДУ на 2026 г. на уровне 2008-2025 гг. – в объеме 6061 т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ морского ежа серого в Южно-Курильской зоне в 2026 г. в объеме 6,061 тыс. т.**

Морской еж серый (*Strongylocentrotus intermedius*)

61.05. – зона Охотское море

61.05.3 – подзона Восточно-Сахалинская

Исполнитель: В.А. Сергееenko (СахНИРО)

Куратор: А.В. Лабутин (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. При подготовке прогноза ОДУ морских ежей Восточно-Сахалинской подзоны на 2026 г. использованы материалы полномасштабной учетной водолазной съемки, проведенной в зал. Анива в 2024 г. Выполнено 413 водолажных станций, на массовый промер взято 1339 экз. морских ежей и 423 экз. на полный биоанализ (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема водолажных станций в зал. Анива, выполненных в 2024 г.

Информационной базой прогноза также являются материалы, полученные в результате многолетних оценок биомассы при проведении водолажных съемок 2017-2019 и 2022 гг., данные мониторинга на полигонах в зал. Анива в 2023-2024 г., анализ архивных материалов и данные промысловой статистики 2020-2024 гг.

В 2018 г. водолажной съемкой охвачены основные районы промысловых скоплений морских ежей у северо-восточного и западного побережий зал. Анива (рис. 2). Выполнено 90 станций в зал. Анива на глубинах от 1 до 15 м. На массовый промер взято 764 экз. морских ежей, и

150 экз. – на полный биоанализ. Общая протяженность обследованной прибрежной полосы, где обитает морской еж, составила 35 км.

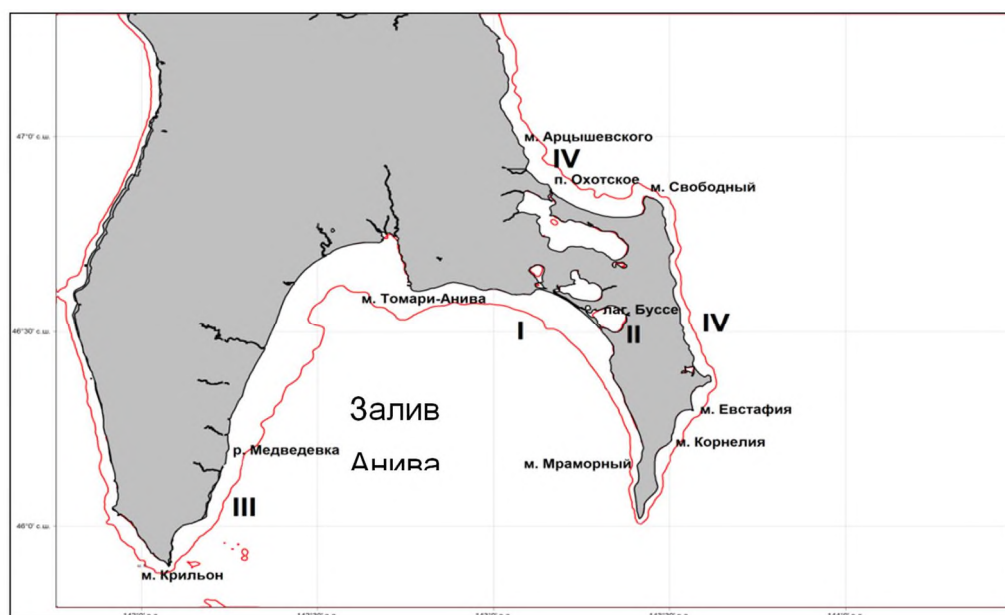


Рис. 2. Районирование Восточно-Сахалинской подзоны в соответствии с промысловыми скоплениями морского ежа серого. Линия соответствует изобате 30 м.

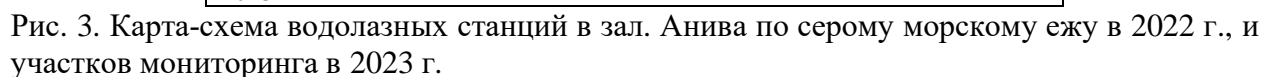
В 2017 г. водолазной съемкой охвачены основные районы обитания морских ежей у юго-восточного Сахалина и у северо-восточного побережья зал. Анива, так как на этих участках формируется большая доля запаса Восточно-Сахалинской подзоны. Выполнено 123 водолажных станций у юго-восточного побережья о. Сахалин и 91 станции в заливе Анива, на глубинах от 1 до 17 м. На массовый промер взято 1777 экз. морских ежей, и 320 экз. – на полный биоанализ. Общая протяженность обследованной прибрежной полосы, где обитает морской еж, составила 74 км.

Учтены данные промысловой статистики весеннего и осеннего периодов промысла 2022-2024 гг. в зал. Анива. На массовый промер взято 667 экз. морских ежей, и 225 экз. – на биоанализ.

Водолажные учетные съемки 2017-2024 гг. и съемки предыдущих лет показали, что в обследованном районе выделяются четыре постоянных промысловых скопления морских ежей, образующих единый запас. В центральной и восточной частях залива Анива, от м. Томари-Анива до м. Мраморный (I участок); в лагуне Буссе (II участок); в западной части залива Анива от м. Крильон до р. Медведевка (III участок); у юго-восточного побережья Тонино-Анивского полуострова от м. Свободный до м. Корнелия и п. Охотское - м. Арцышевского (IV участок). Так как в лагуне Буссе (памятник природы областного значения) промышленный лов запрещен, этот участок в прогнозе не рассматривается (см. *рис. 2*).

Для расчета запаса ежей у юго-восточного побережья Сахалина использованы современные материалы учетных водолажных съемок 2019-2020 гг. В 2019 г. были обследованы основные традиционные участки промысла и новые места обитания морских ежей на участке с. Лесное -

В 2020 г. обследованы новые северные участки юго-восточного побережья от м. Сима до м. Сенявина. В 2022 г. в зал. Анива выполнено 219 водолазных станций, на массовый промер взято 618 экз. морских ежей, и 215 экз. – на биоанализ. В 2023 г. при проведении сезонного мониторинга скоплений морских ежей на полигонах в северной части зал. Анива выполнено 36 водолазных станций, на массовый промер взято 573 экз. морских ежей, и 258 экз. – на полный биоанализ (рис. 3).



Водолазное обследование поселений морских ежей прибрежной зоны выполнено методом секущих разрезов [Левин, Шендеров, 1975]. В зависимости от плотности поселений, разрезы располагались на расстоянии от 0,5 до 2 км друг от друга. На каждом разрезе выполнено от 3 до 5 станций на разных глубинах (0,5-1, 2-4, 8-10, 14-17, 18-20, 25 м). Между разрезами выполняли контрольные станции для оценки протяженности поселений морских ежей. В процессе водолазной съемки применяли два метода: метод трансект и площадочный метод учета [Скарлато, Голиков, 1964, Левин, 1994]. Для более точной привязки выполняемой водолазной станции использовали спутниковый навигационный прибор GPS. Его применение способствует получению точных навигационных данных мест поселений ежей.

Запас рассчитывался методом площадей [Аксютин, 1968]. При этом учитывалось, что промысловая мера для серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* одинакова для всех районов и составляет 45 мм. Морские ежи с диаметром панциря менее 45 мм считаются непромысловыми. Промысловый запас – это биомасса всех особей промыслового размера (с диаметром панциря 45 мм и выше). Промысловый запас рассчитывается исходя из оценки общего запаса, с учетом процентного соотношения особей промысловых и непромысловых размеров, как по численности, так и по биомассе. На основании данных по соотношению размерных групп, плотности поселений и среднему весу особей промысловых и непромысловых категорий производится перерасчет промыслового запаса. С этой целью, по материалам водолазного обследования, на каждой станции определяется доля промысловых особей, средняя удельная биомасса промысловых и непромысловых особей, средний вес морских ежей для обеих категорий и средняя удельная плотность.

В связи с недостатком данных о коэффициентах естественной смертности, невозможно смоделировать прогноз состояния их ресурсов с двухлетним упреждением. В целом, информационную обеспеченность прогноза можно признать удовлетворительной и соответствующей II уровню, согласно Приказу Росрыболовства от 06.02. 2015 г. № 104. Имеющиеся многолетние данные учетных водолазных съемок позволяют производить оценку запасов только с помощью площадных методов. Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования ПРП на основе принципа «предосторожного» подхода.

Обоснование метода выбора оценки запаса. Для оценки численности и прогнозирования ОДУ использовали метод изолиний Аксютин (метод площадей). Имеет значение для прямого учета применять водолазные съемки. Поселения серого морского ежа до глубин 25 м хорошо облавливаются и учитываются водолазом. Запас рассчитывается традиционным методом страт (с выделением зон равновеликих уловов) [Аксютин, 1968]. Используются методы сплайн-аппроксимации и геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Keckler, 1994; Wackernagel, 1995]. Для обработки биостатистических данных и расчета запаса

использовали программы Microsoft Excel и Surfer 11.

Накопленная к настоящему времени информация (за 1998-2015 гг.) (оценки промысловой биомассы, индексов запаса, промысловых усилий, вылова), обеспечила проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием продукционных моделей. Отсутствие до 2004 г. промысловых данных накладывает некоторые ограничения на их применение. Для оценки промысловой биомассы и прогноза ОДУ предварительно использовали конечно-разностную модель с запаздыванием Деризо-Шнюгэ [Черниенко, 2016].

Используя модель, принимали, что зависимость запас-пополнение описывается уравнением Рикера, и что промысловый запас пропорционален нерестовому, и таким образом:

$$R_t = \gamma(B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1})e^{-\delta(B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1})},$$

где γ , δ – коэффициенты в уравнении «запас-пополнение».

Результаты применения модели для морского ежа носят предварительный характер. Следует учитывать также трудности учета пополнения, в связи с их низкой уловистостью водолазом, и высокую долю ННН-промысла (несообщаемый, нерегулируемый, незаконный) в период активного лова ежа.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Серые морские ежи *Strongylocentrotus intermedius* являются одним из основных объектов прибрежного промысла у берегов Сахалина. Промысел осуществляют водолазами в течение всего года, исключая период нереста с июля по октябрь. Коммерческий продукт, получаемый из морских ежей – это икра. Основным потребителем является Япония, где икра морских ежей – традиционный продукт питания. Интенсивность промысла этого объекта напрямую зависит от спроса и цены на японском рынке.

Промысел ведется водолазами и наиболее интенсивен в марте-июне и октябре-декабре, в другое время он либо приостанавливается, либо ведется эпизодически. Регулярный промысел морских ежей в зал. Анива был начат в 1992 г., и вылов не превышал 20 т. С 1998 по 2002 гг. вылов варьировал от 89 до 210 т. Освоение составляло 100%. В 2003-2008 гг. отмечено наименьшее освоение квот. Неполное освоение ОДУ связано с низкой коммерческой стоимостью морского ежа и явным занижением реального вылова добывающими организациями.

Начиная с 2009 г., по настоящее время, наблюдается рост освоения лимитов. Обобщенная информация из ОМС Росрыболовства показывает, что с 2009 г. ежегодное промышленное освоение ежей очень высокое и колеблется в пределах 79,6-107,8%. Среднемноголетний уровень освоения очень высокий и составляет 96,3% ОДУ (табл. 1). Неполное освоение объемов, прежде всего, определяется организационными, погодными причинами и спросом на японском рынке.

Таблица 1

Промысловая статистика вылова морского ежа серого у Восточного Сахалина

Год	ОДУ, (выдано) т	Вылов, т	Освоение ОДУ, %
1998	151	151	100
1999	160	153	95,6
2000	233	210	90,1
2001	89	89	100
2002	102	102	100
2003	59	26,8	45,4
2004	63	41,8	65,7
2005	99	15,8	13,3
2006	77	10,5	13,3
2007	99	73,0	41,5
2008	95	57,2	51,05
2009	94	83,3	87,8
2010	127	123,7	97,3
2011	140	134,9	93,7
2012	90	75,0	79,6
2013	124	124,0	100
2014	115	124,9	107,8
2015	115	115,0	100
2016	114	112,0	98,2
2017	140	129,8	92,7
2018	107	106,8	99,8
2019	156	152,5	98,4
2020	176	175,62	99,8
2021	193	191,3	99,1
2022	213	212,5	99,8
2023	211	210,88	99,9
2024	223	222,8	99,9

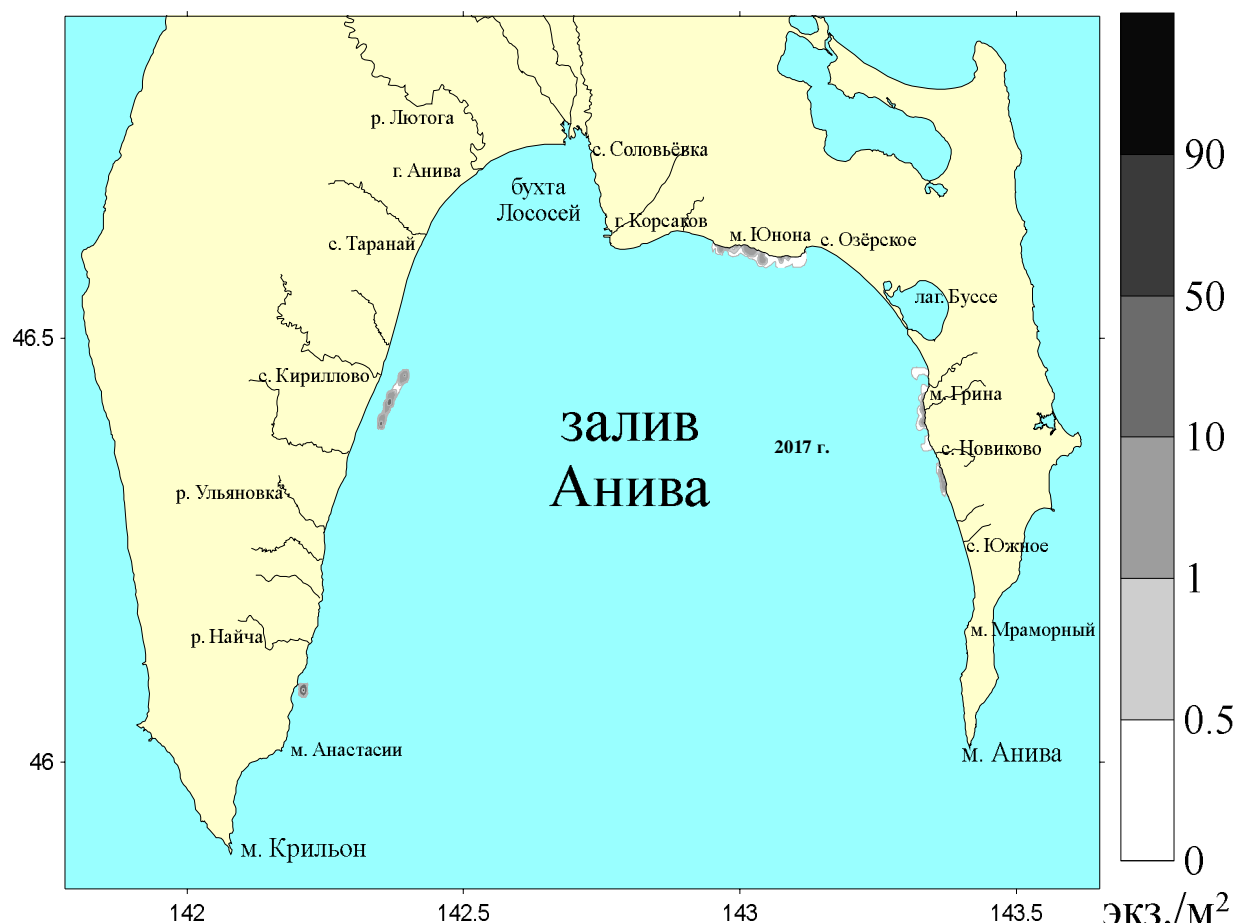
Среднесуточный вылов на одно судно типа РС за промысловый сезон составлял 3,96 т/сутки, варьируя от 1,395 до 7,65 т/сутки. В целом, в 2024 г. промысловая обстановка практически не отличалась от прошлогодней. Сравнение уловов на усилие за время лова морского ежа показало, что при стандартном промысловом усилии (один водолаз – постоянное время, затрачиваемое водолазом на сбор животных, ограниченное 14-литровым объемом воздуха в аквалангах) величина уловов значительно не изменялась. Уловы на усилие (на одного водолаза) у юго-восточного Сахалина в весенний период варьировались от 68 до 161 кг, составив в среднем 98,5 кг и в осенний – 72,4 кг (табл. 2). В осенний период средние уловы незначительно снизились, но это не связано со снижением численности ежей в промысловых скоплениях. Водолазные уловы могли быть и выше, но водолаз затрачивает промысловое время на поиск и выборку ежей с нужной категорией гонад и наполняемостью. Аналогичная промысловая обстановка отмечается и в зал. Анива. Сравнение уловов на усилие при промысле морского ежа с прошлыми годами показало, что величина уловов значительно не изменялась, и составляла в среднем 65-95 кг.

Таблица 2

Уловы на усилие серого морского ежа серого в Восточно-Сахалинской подзоне в 2024 г.

подзона Восточно-Сахалинская	Улов на усилие, кг					
	весна			осень		
	мин.	макс.	средний	мин.	макс.	средний
м. Острый – м. Корнелия (юго-восточное побережье)	72	161	98,5	68	156	72,4
с. Озерское – м. Томари-Анива (залив Анива)	54	133	73,5	51	129	68,0

Особенностью распределения морских ежей Восточно-Сахалинской подзоны является то, что основные поселения животных находятся в узком диапазоне глубин (от 1 до 7 м), на выходах скальных пород. Отдельные скопления встречаются на глубине 15-20 м на гравийных грунтах. В северо-восточной части залива Анива скопления морских ежей находятся от с. Соловьёвка до м. Мраморный; в западной части залива Анива – от м. Крильон до р. Медведевка; у юго-восточного побережья Сахалина – от м. Свободный до м. Корнелия и п. Охотское - м. Арцышевского (рис. 4, 5).



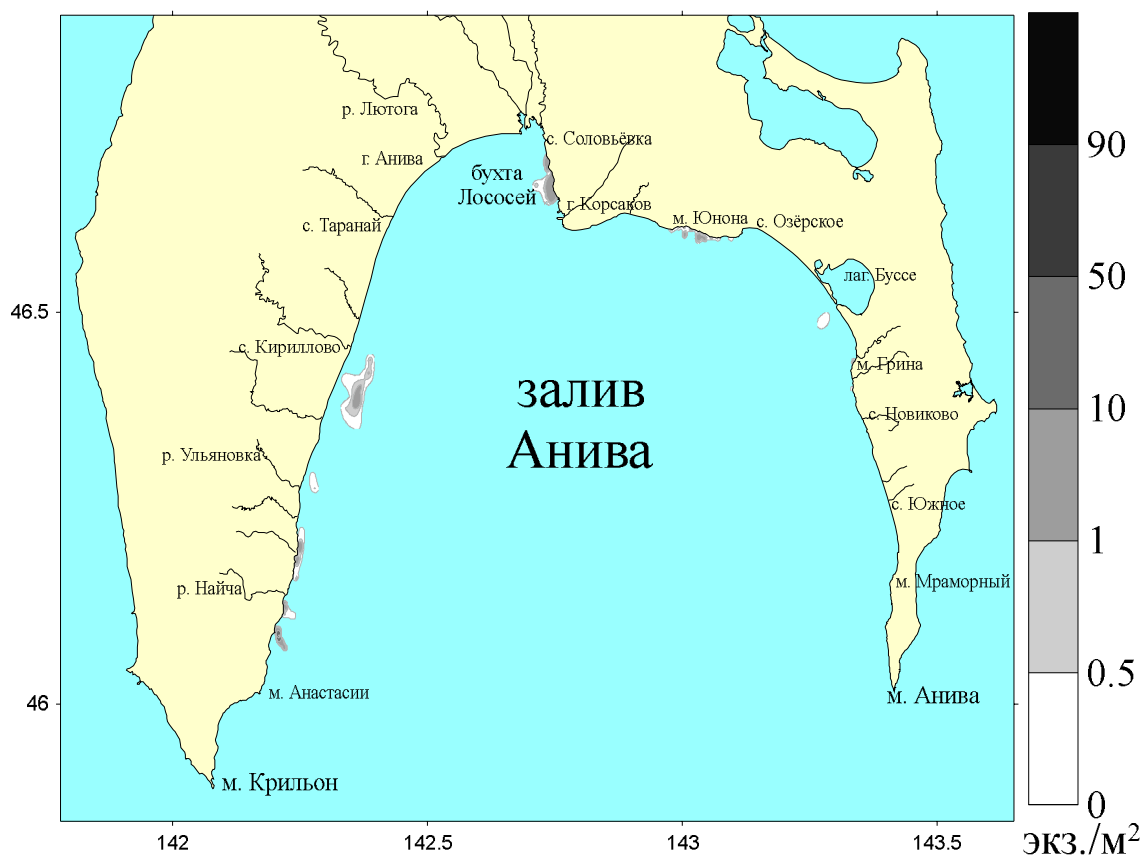


Рис. 4. Распределение плотности морского ежа серого (экз./м²) в заливе Анива в 2017, 2022 и 2024 гг.

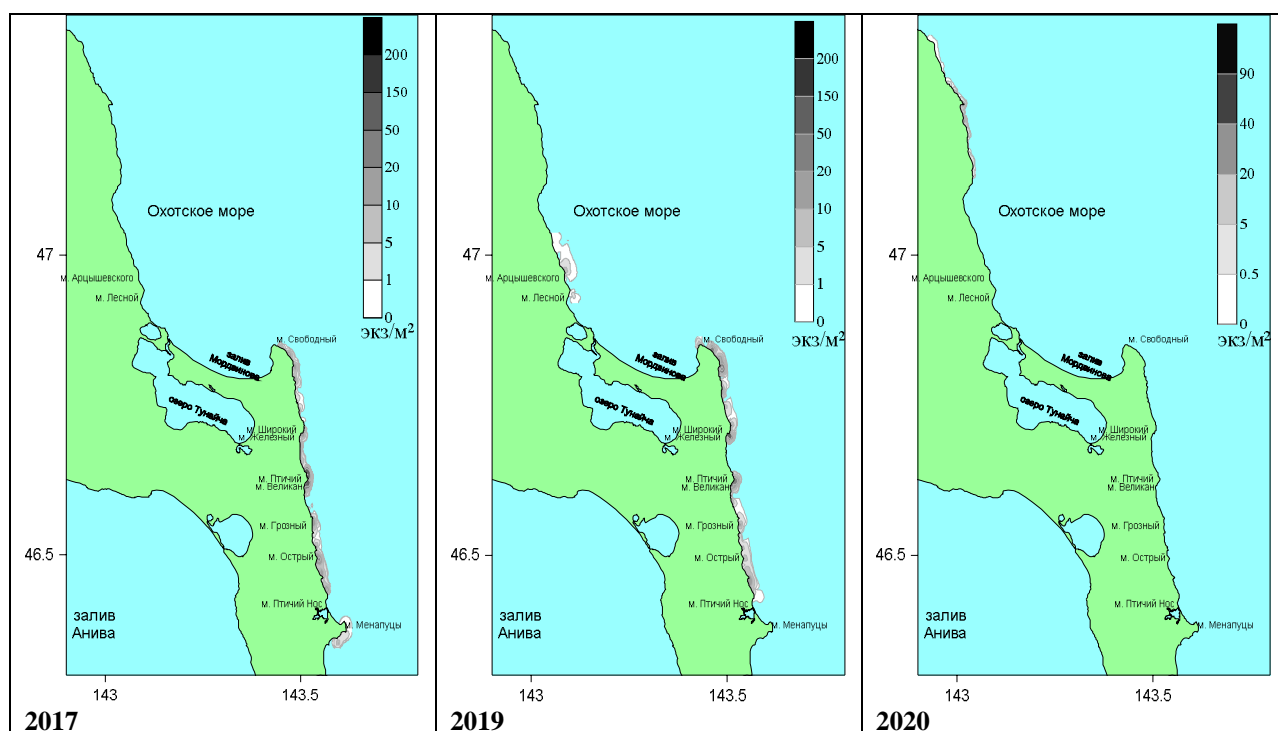


Рис. 5. Распределение плотности морского ежа серого (экз./м²) юго-восточного Сахалина в 2017, 2019, 2020 гг.

В заливе Анива с 2011 г. наблюдается увеличение доли промысловых групп ежей. Предельные размеры ежей в 2014 г. на обследованных полигонах зал. Анива изменялись в диапазоне 32-91 мм (среднее значение $60,5 \pm 0,2$ мм). Преобладали животные с диаметром панциря 55-70 мм, их доля составляла 86,6% и практически не отличалась от доли в 2013 г., тогда как в 2011 г. преобладающими группами были животные 45-60 мм (70,3%). Большая доля промысловых животных в 2013-2014 гг. обусловлена значительным вкладом промысловых ежей размерной группы 50-55 мм, которые отмечались в 2011 г. В 2017 г. диаметр панциря ежей варьировался от 20 до 96 мм. Среднее значение составляло 59,1 мм. Преобладали животные с диаметром от 50 до 70 мм, доля которых составляла 82,4%. Частотное распределение по диаметру панциря носит мономодальный характер. Модальная группа – 60-65 мм, их доля составляла 30%. Доля молоди с панцирем до 35 мм составляла всего 2,8%, а доля рекрутов с диаметром панциря 35-44 мм – всего 1,6%.

В 2018 г. размеры ежей варьировали в пределах 19-109 мм (средний диаметр – $50,9 \pm 0,4$ мм). Увеличилась доля молоди. Частотное распределение по диаметру панциря было полимодальным. По сравнению с 2017 г., доля молоди увеличилась до 4,4%, рекрутов – до 25%. В 2020 г. распределение размерных групп ежей было схожим. Сдвиг модальных размеров влево (рис. 6) свидетельствует о хорошем пополнении. Масса морских ежей варьировалась от 3 до 185 г (средняя масса равна $57,0 \pm 1,3$ г).

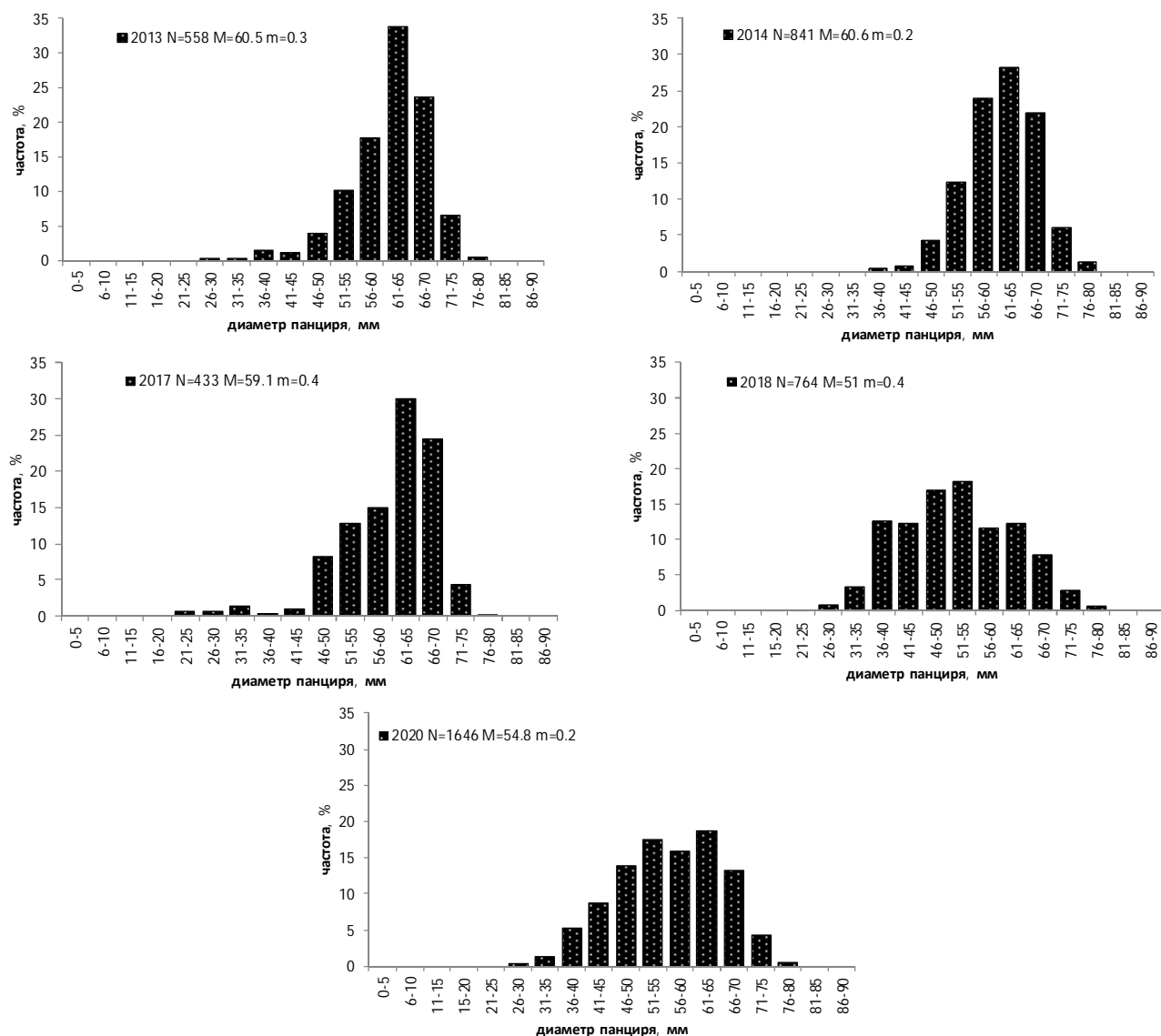


Рис. 6. Размерный состав морского ежа серого в заливе Анива в 2013-2020 гг.

В 2021 г. размеры ежей изменялись в пределах 22-77 мм (средний диаметр – 58,2 мм). Масса морских ежей варьировалась от 5 до 173 г (средняя масса – $79,7 \pm 1,3$ г). Масса промысловых морских ежей варьировалась от 33 до 173 г (средняя масса – $83,4 \pm 1,3$ г). В 2022 г. размеры ежей изменялись в пределах 22-88 мм (средний диаметр – 55,0 мм). Индивидуальная масса морских ежей варьировалась от 4 до 187 г (средняя масса – $68,8 \pm 1,2$ г). Масса промысловых особей варьировалась от 27 до 187 г (средняя масса – $77,7 \pm 1,3$ г).

В 2023 г. размеры ежей изменялись в пределах 19-83 мм (средний диаметр – 57,4 мм). Масса морских ежей варьировала от 5 до 168 г (средняя масса – $64,6 \pm 1,1$ г). Масса промысловых особей варьировала от 30 до 168 г (средняя масса – $73,6 \pm 1,2$ г).

В 2024 г. размеры ежей изменялись в пределах 15-81 мм (средний диаметр – 54,4 мм) (рис. 7). Масса морских ежей варьировала от 2,4 до 158 г (средняя масса – $64,4 \pm 0,7$ г). Масса промысловых особей варьировала от 28 до 158 г (средняя масса – $70,9 \pm 0,7$ г).

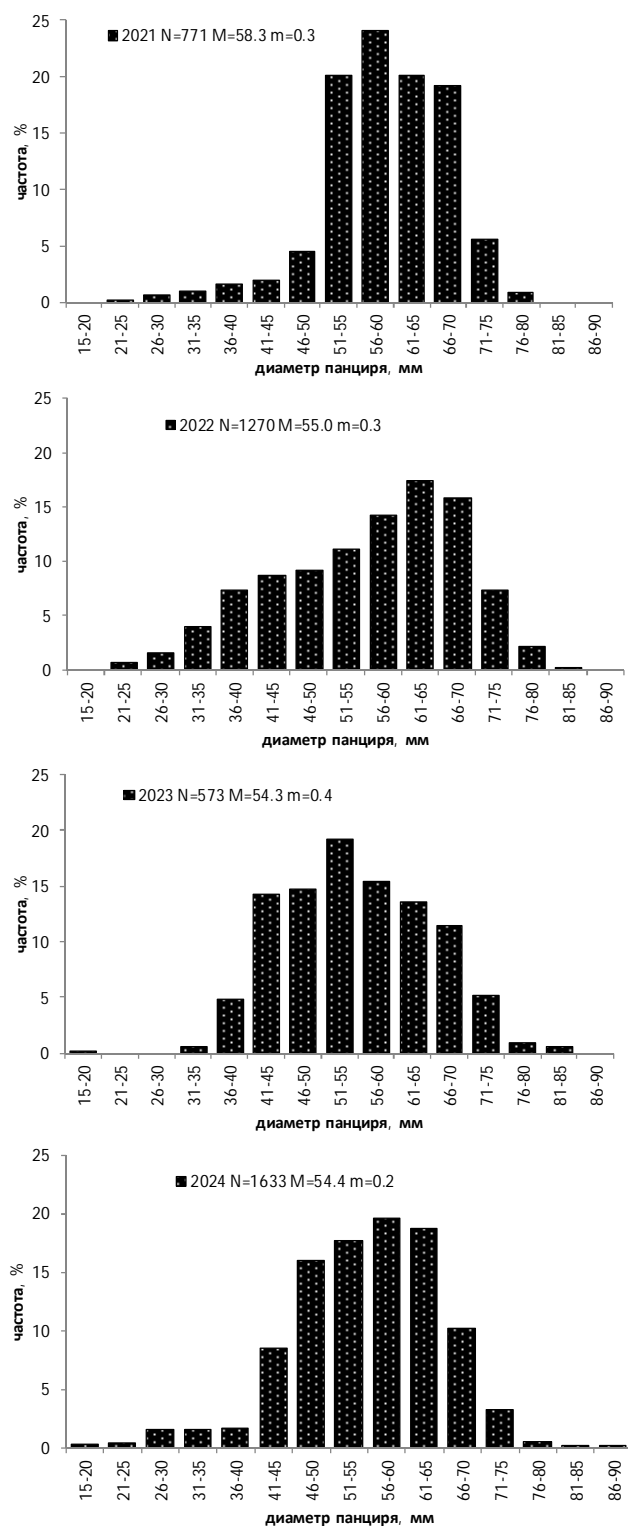


Рис. 7. Размерный состав морского ежа серого в заливе Анива в 2021-2024 гг.

В 2010 и 2012 гг. на I участке в зал. Анива частота встречаемости морских ежей – 28% и 47,8%, соответственно. В 2013-2014 гг. частота встречаемости морских ежей здесь увеличилась до 49,7% и 47,5%, соответственно. В 2017 г. отмечен рост частоты встречаемости морских ежей до 61,7%. В связи с высокой волновой активностью, на 30% выполненных станций еж зарывался под камни или закидывал себя гравием и мелкими камнями. В защищенных от волнового воздействия скальными грядами

«лагунах» и «заливах» ёж находился на поверхности. На продуктивных станциях в диапазоне глубин 2-6,5 м (средняя глубина – 3,6 м) частота встречаемости морских ежей составляла 68%. В 2018 г. частота встречаемости морских ежей на этом участке составляла 62,3%. Увеличение произошло за счет обнаружения новых промысловых скоплений. В 2024 г. частота встречаемости на этом побережье составляла 60,3%. В целом, наблюдается увеличение частоты встречаемости морских ежей по этому участку.

В зал. Анива (участок м. Томари-Анива - м. Мраморный) с 2012 г. отмечается увеличение средних размеров. В 2013-2017 гг. средний размер промысловых ежей практически оставался на одном уровне, в пределах 59-61 мм. В 2022 и 2024 гг. средние размеры морских ежей также находились на одном уровне. Динамика средних размеров ежей с 2007 по 2024 гг. показывает, что эти средние размерные характеристики у промысловых особей колеблются в диапазоне 55-60 мм, что может свидетельствовать о слабой промысловой нагрузке (рис. 8).

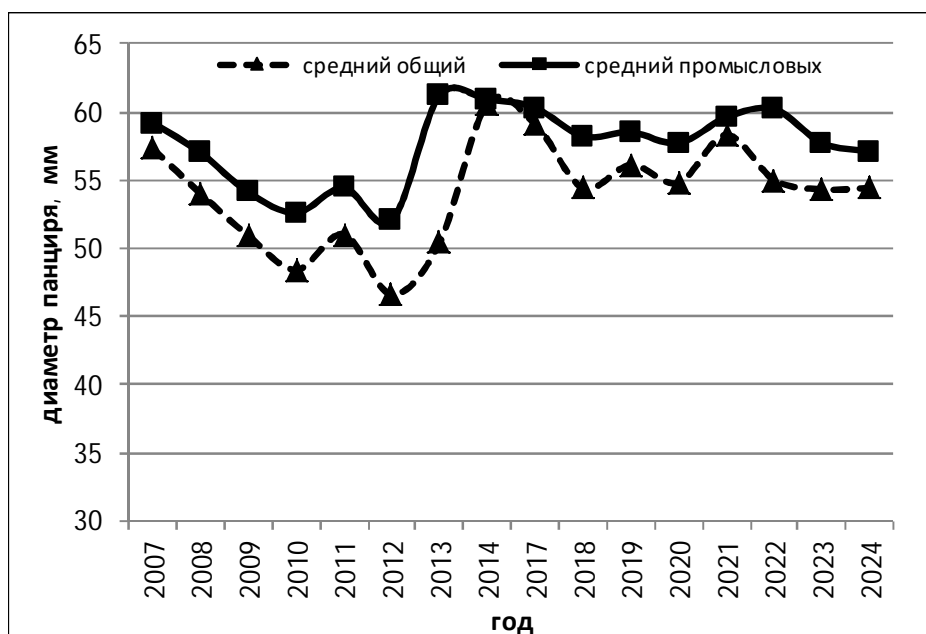


Рис. 8. Динамика среднего диаметра панциря морского ежа серого в зал. Анива

По промысловым данным 2020-2023 гг., отмечается увеличение средних значений диаметра панциря промысловых особей в заливе Анива от 58,1 до 60,6 мм, соответственно. В 2024 г. средние размеры промысловых ежей незначительно снизились. Доля размерных групп 56-75 мм составляла 55,3% и, в сравнении с предыдущими годами, изменяется не значительно. Увеличились доли особей в размерных группах 45-55 мм до 44,2%. Доля ежей в размерных группах 56-70 мм уменьшилась незначительно (рис. 9). Это свидетельствует о стабильности поселений. Масса промысловых особей варьировалась от 28 до 158 г, составляя в среднем $70,0 \pm 0,6$ г (в 2023 г. – $79,3 \pm 0,5$ г).

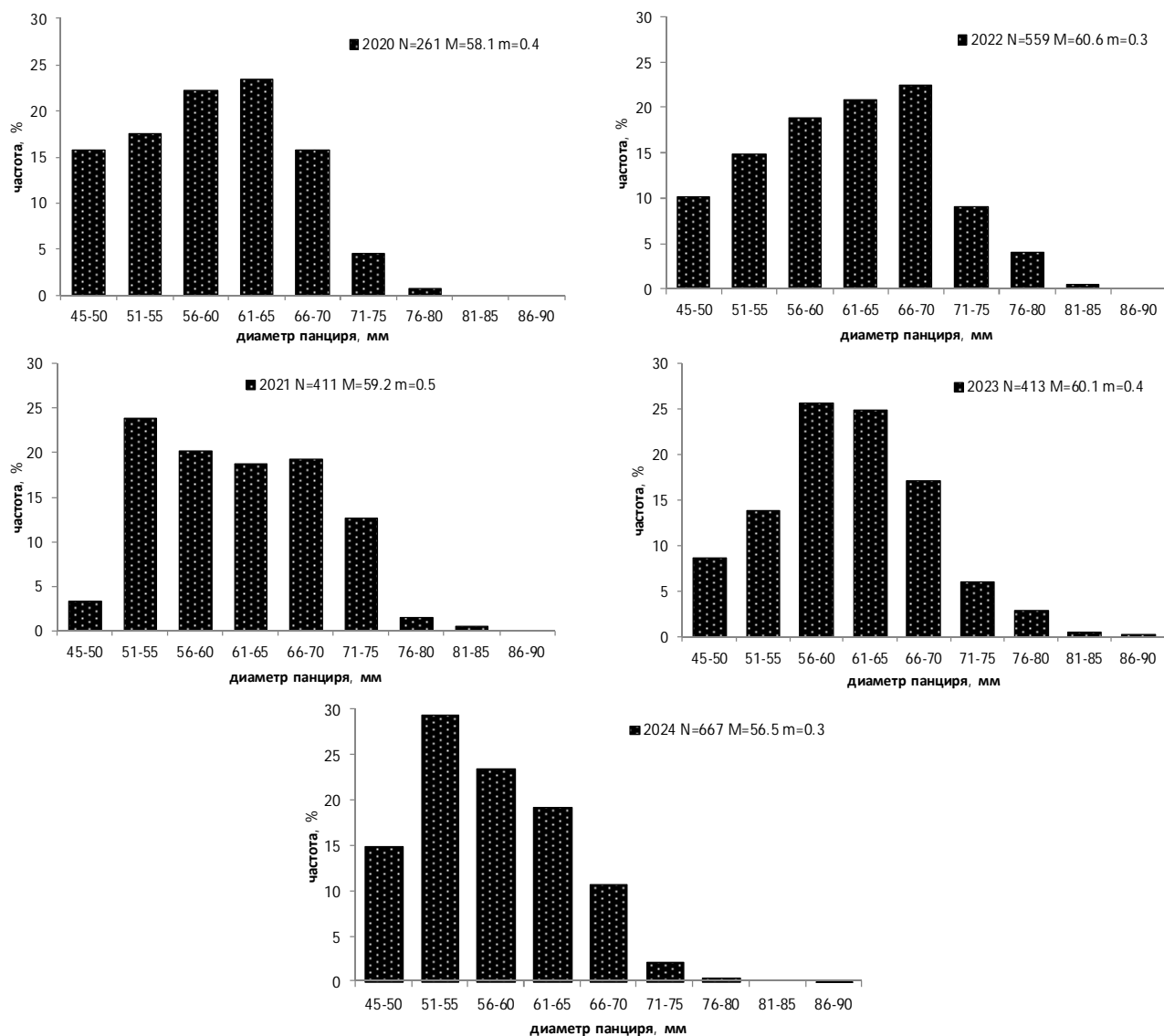
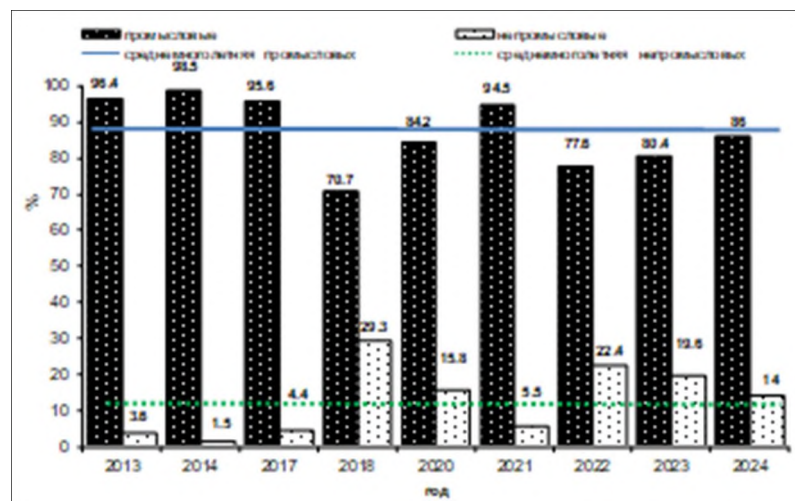
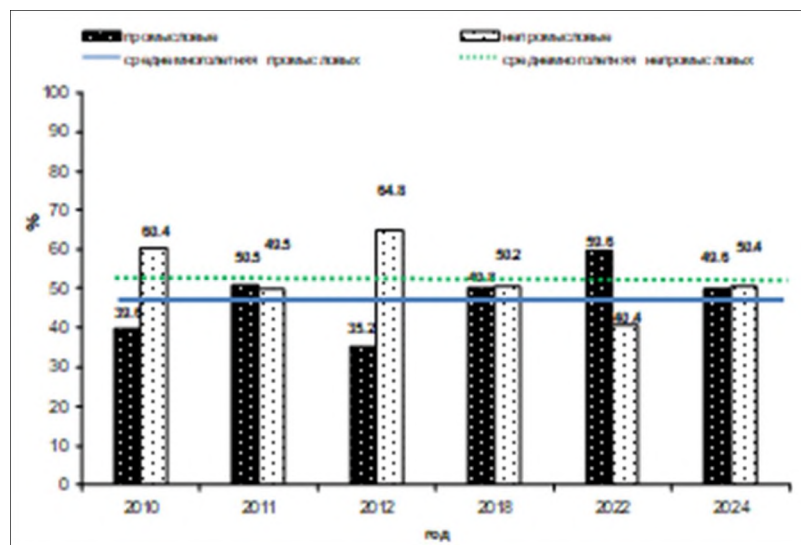


Рис. 9. Размерный состав морского ежа серого по промысловым данным в зал. Анива в 2020–2024 гг.

В 2013 г. на I участке доля промысловых особей в поселениях в среднем составила 96,4% и до 2017 г. оставалась на высоком уровне. По-видимому, здесь промысел в последние годы был незначителен. В 2018 г. доля промысловых особей снизилась до 70,7%. В 2023 и 2024 гг. наблюдается увеличение доли промысловых особей до 80,4% и 86,0%, соответственно. Среднеголетняя доля промысловых особей составляла 87,4%. Доля непромысловых особей незначительно снизилась – с 19,6 до 14%. Среднеголетняя доля непромысловых особей составляла 12,6%, и в последние годы отмечается значительное увеличение непромысловой части популяции, что свидетельствует о хорошем пополнении молодью (рис. 10).



I участок



III участок

Рис. 10. Соотношение промысловых и непромысловых особей морского ежа серого залива Анива на участках I и III.

В 2018 г. на III участке у полуострова Крильон соотношение доли промысловых и непромысловых особей практически равно. Аналогичная картина наблюдается и в 2024 г. Среднегодовое соотношение промысловых особей на III участке составляла 47,4%, непромысловых – 52,61%. В 2024 г. доля непромысловой части составляла 50,4%, что также свидетельствует о хорошем и регулярном пополнении молодь. Наблюдаемое снижение доли промысловых особей до 49,6%, говорит о несущественной промысловой нагрузке на скопления ежей.

В 2024 г. на III участке у полуострова Крильон частота встречаемости составляла 52,9% (в 2022 г. – 52,1%, в 2018 г. – 53,4%, в 2012 г. – 51,2%). Размеры ежей колебались от 24 до 81 мм (средний – $45,6 \pm 0,6$ мм) (в 2022 г. средний диаметр – $46,2 \pm 0,6$ мм). Доля рекрутов (размерная группа 36-45 мм) была высокой и составляла 35,9% (в 2022 г. – 23,2%). Среди промысловой части преобладали животные с диаметром 46-50 мм и 51-55 мм, доля которых составляла 13,5% и 13,2%, соответственно. Доля молоди (размерная группа 15-35 мм) составляла 14,5% (рис. 11). Масса морских ежей

варьировала от 5 до 104 г (средняя масса – $37,0 \pm 0,9$ г). Масса промысловых особей с диаметром панциря 45 мм и более варьировала от 24 до 104 г, составляя, в среднем, $52,8 \pm 1,0$ г.

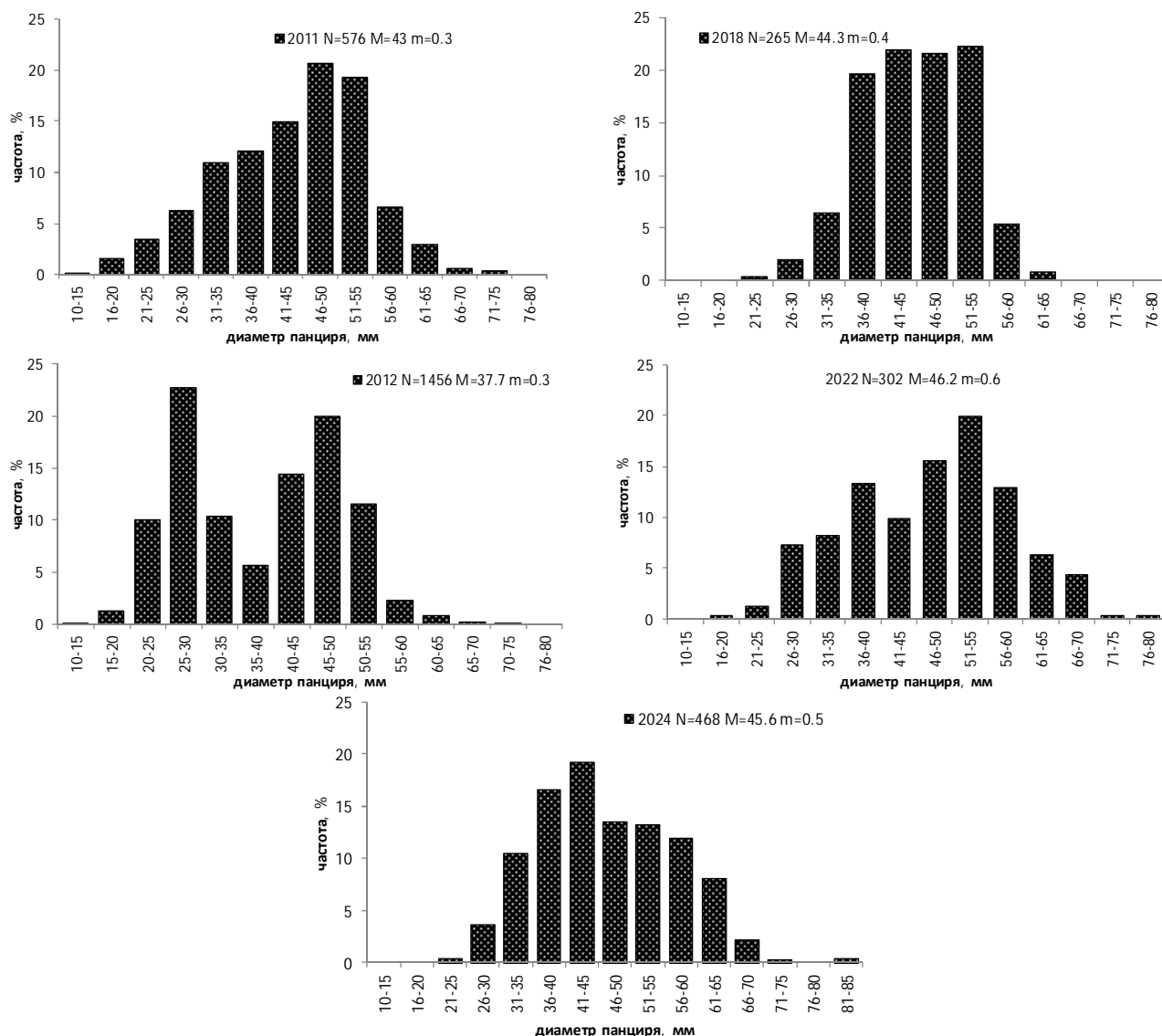


Рис. 11. Размерный состав морского ежа серого на III участке в зал. Анива в 2011–2024 гг.

В 2019 г. у юго-восточного побережья о. Сахалин на основном промысловом участке побережья, от м. Свободный до м. Птичий Нос, частота встречаемости ежей составляла 73,9% и существенно превышала таковую в сравнении с прошлыми годами (в 2015 г. – 60,3%, в 2011 г. – 55,5%). Это свидетельствует об увеличении площади, занятой поселениями животных.

В 2015 г. на этом участке размеры ежей колебались от 10 до 76 мм (средний диаметр – $48,7 \pm 0,3$ мм). Преобладали животные с диаметром 50–60 мм, доля которых оставляла 47,8% (рис. 12). Доля молоди составляла 27,1%, доля пререкрутов с диаметром панциря 35–44 мм – 13,3%. Масса морских ежей варьировала от 1 до 123 г (средняя масса равна 43,5 г).

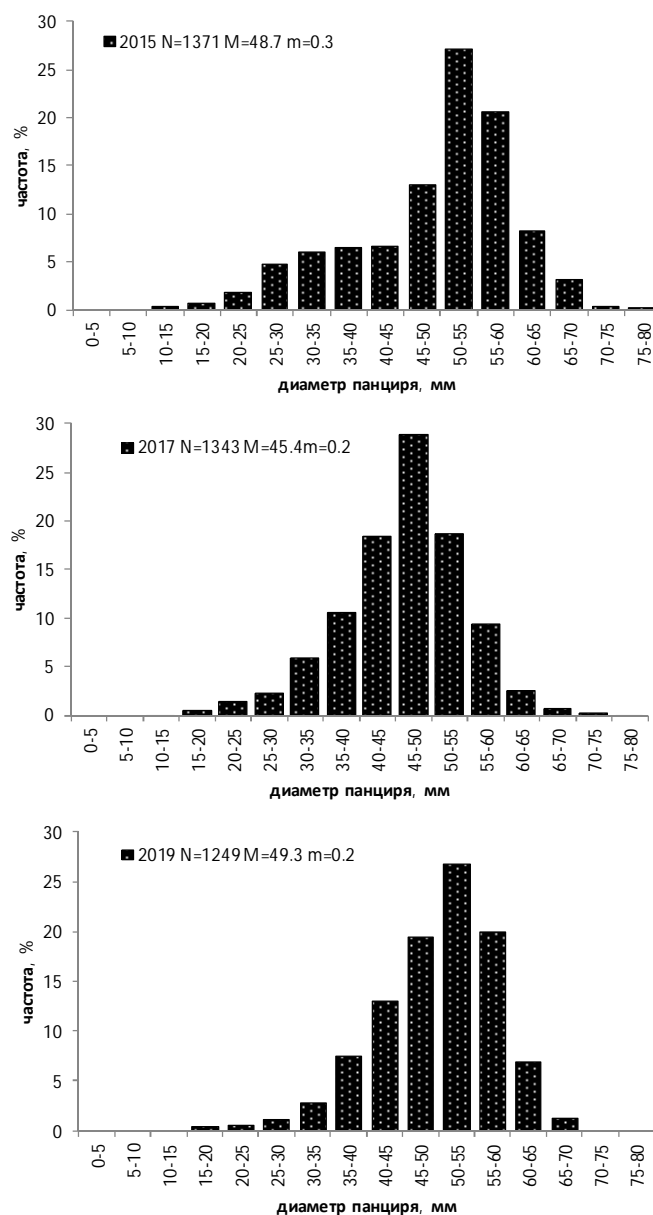


Рис. 12. Размерный состав поселения морского ежа серого у юго-восточного Сахалина на участке м. Свободный - м. Менапуцы в 2015, 2017 и 2019 гг.

В 2017 г. диаметр панциря ежей варьировал от 14 до 80 мм. Среднее значение составляло 45,4 мм, модальная группа – 45-50 мм, их доля составляла 28,9%. Среднее значение диаметра панциря промысловых особей составляло $53,8 \pm 0,2$ мм. В сравнении с 2015 г., отмечается снижение средних размеров и увеличение доли непромысловых особей, что свидетельствует о влиянии промысла на этот участок.

В 2019 г. диаметр панциря ежей варьировал от 4 до 69 мм. Среднее значение – 49,5 мм. Модальная группа – 50-55 мм, их доля – 27,2%. Среднее значение диаметра панциря промысловых особей равно 53,2 мм. Доля промысловых особей в поселениях составляла 74,5%. Преобладали животные с диаметром от 50 до 60 мм, доля которых – 47,1%. В сравнении с 2017 г., отмечается увеличение средних размеров (см. рис. 12).

В 2024 г., по промысловым данным, собранным на участке м. Свободный - м. Корнелия, средний диаметр панциря промысловых

морских ежей составлял 62 мм и, в сравнении с 2021-2023 гг., практически не изменился. Доля особей с диаметром панциря 56-70 мм составляла 80,7% и была на уровне 2021-2023 гг. (77,8% и 82,8%, соответственно) (рис. 13).

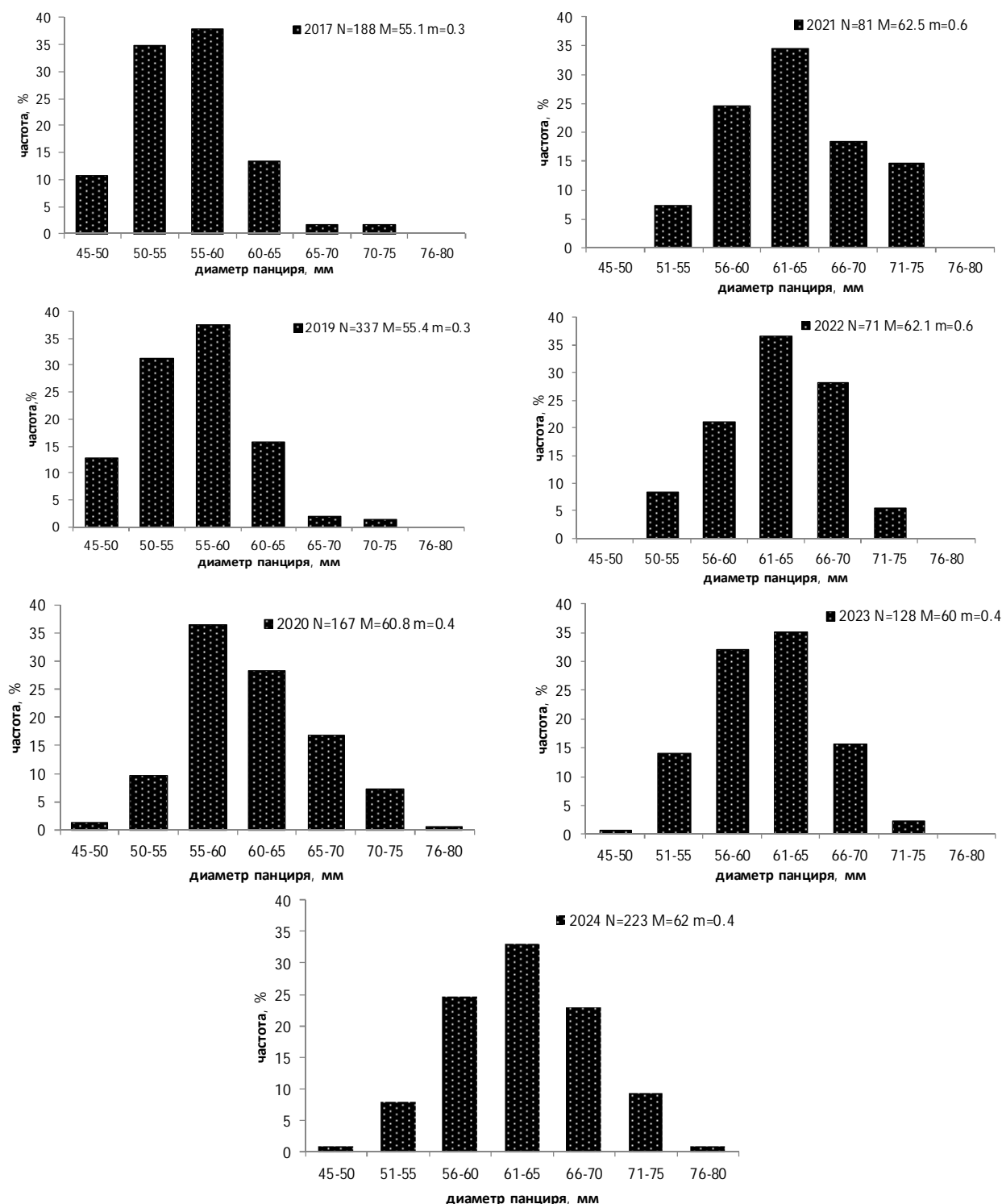


Рис. 13. Размерный состав морских ежей, по промысловым данным, на участке м. Свободный - м. Корнелия в 2017-2024 гг.

Увеличение долей крупных размерных групп связано с обнаружением ранее не облавливаемых промысловых скоплений. Все это также свидетельствует о благополучном состоянии поселений ежей у юго-восточного побережья Сахалина.

В 2009 г. был впервые обследован участок поселения морских ежей у юго-восточного побережья о. Сахалин на участке с. Охотское - м. Арцышевского. Протяженность обследованного участка составила 12 км, и частота встречаемости ежей равна 37,5%. В 2011 и 2013 гг. отмечено увеличение частоты встречаемости морских ежей до 80,6 и 78,9%, соответственно. В 2019 г. диаметр панциря варьировал от 18 до 58 мм (среднее значение – $44,6 \pm 1,4$ мм). Доминировали размерные группы 40-55 мм и 55-60 мм (рис. 14). Доля молоди составляла 44,2%. Средний диаметр панциря промысловых особей составил 51,8 мм и практически не отличался от аналогичного значения 2009 г. (52,6 мм). Масса особей варьировалась от 2,5 до 88 г (средняя масса равна 45,2 г). Масса промысловых особей колебалась в пределах 43-88 г (средняя – 62,4 г).

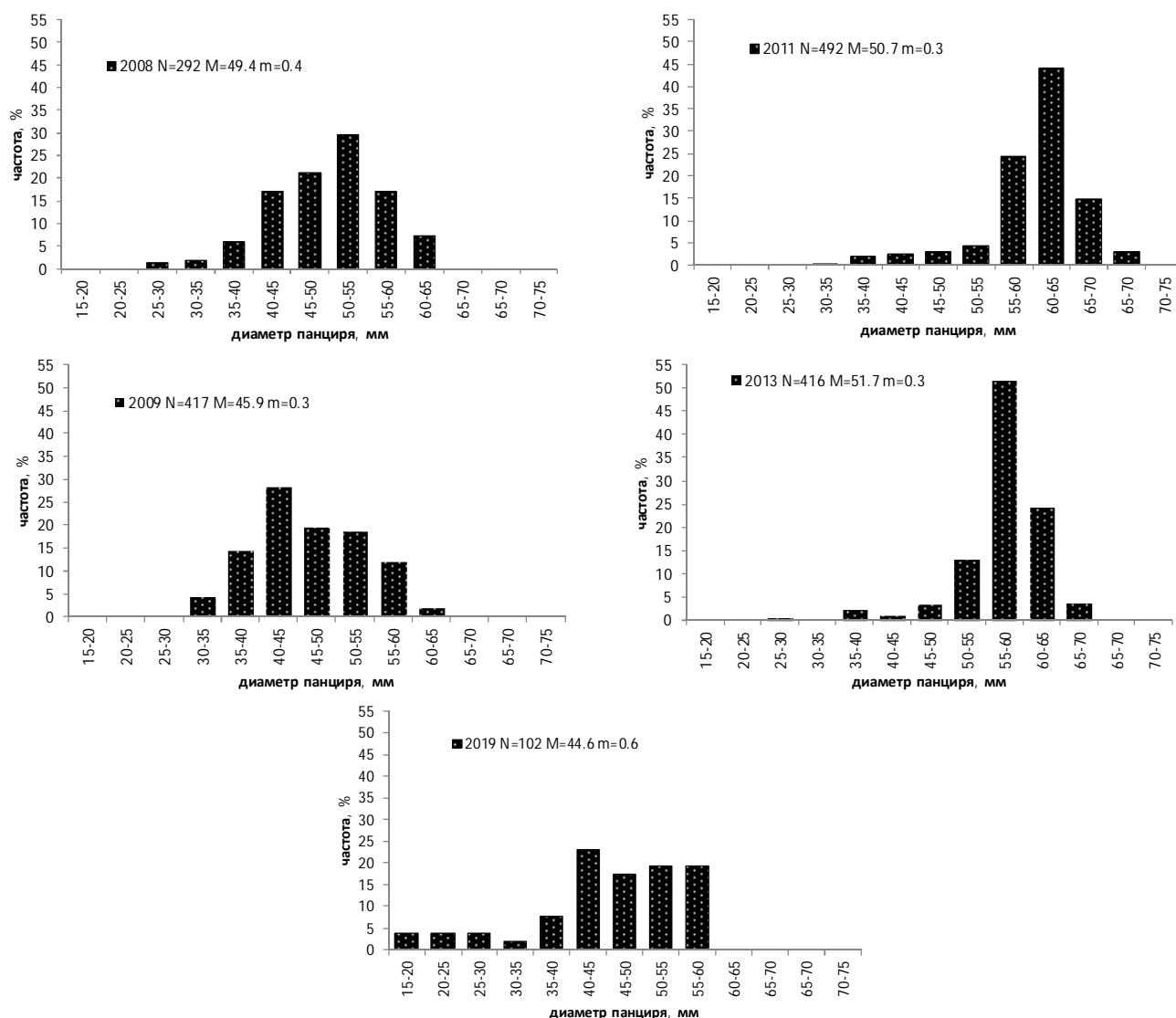


Рис. 14. Размерный состав поселения морского ежа серого у юго-восточного Сахалина на участке с. Охотское - м. Арцышевского в 2008-2019 гг.

В сравнении с предыдущими годами, отмечается снижение средних размеров и увеличение доли непромысловых особей, что свидетельствует о хорошем пополнении скоплений.

В 2020 г. был впервые обследован северный участок юго-восточного побережья м. Сима - м. Сенявина. На обследованной акватории частота встречаемости морского ежа серого составляла 31,1%. Удельные плотности животных по станциям колебались от 0,1 до 86 экз./м², средняя плотность – 10,6 экз./м². Биомасса животных изменялась от 0,5 до 2709 г/м², средняя удельная биомасса поселений – 436,4 г/м². Диаметр панциря морских ежей варьировал от 9 до 71 мм, среднее – $44,6 \pm 0,4$ мм, модальная группа – 46-50 мм, их доля – 31,3% (рис. 15). Среднее значение диаметра панциря промысловых особей – $50,0 \pm 0,2$ мм. Доля промысловых особей на разных станциях изменялась от 0 до 100%, в среднем составляя 58,8% (по результатам массовых промеров – 60,8%). Преобладали животные диаметром от 41 до 55 мм, доля которых – 73,6%. Доля пререкрутов с диаметром панциря 35-44 мм была высокой и достигала 31,9%. Доля молоди с панцирем до 35 мм составляла 10,6%. Такое распределение размерных групп характерно для мало эксплуатируемых группировок (рис. 15).

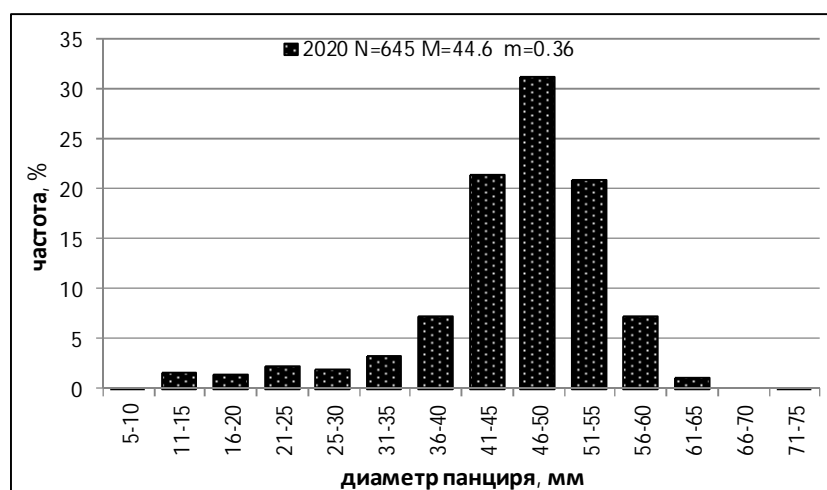


Рис. 15. Размерный состав морского ежа серого у юго-восточного Сахалина на участке м. Сима - м. Сенявина в 2020 г.

На участке м. Свободный – м. Менапуцы до 2015 г. отмечался постоянный рост доли промысловых особей. В 2017 г. их доля снизилась до 60,7%, но все еще остается выше среднееголетнего значения, которое составляет 54,8% (рис. 16). Снижение, скорее всего, связано с активным промыслом. В целом, доля промысловых особей и доля пререкрутов у юго-восточного побережья остается на высоком уровне. В 2017 г. непромысловая часть скоплений составляла 39,3% и превышала среднееголетнюю с 2010 г., которая составляла 31,6%. Все это свидетельствует о хорошем пополнении молодь и состоянии популяции ежей в этом районе.

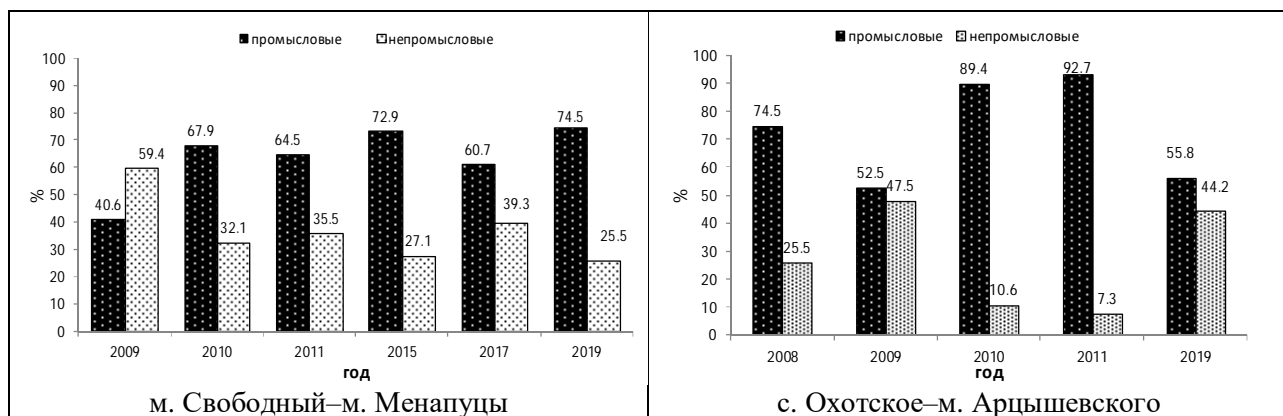


Рис. 16. Соотношение промысловых и непромысловых особей морского ежа серого на разных участках у юго-восточного Сахалина

Динамика средних размеров ежей с 2006 по 2019 г. показывает варьирование практически в одном размерном диапазоне – от 40 до 50 мм. У промысловых особей средние значения также находятся в размерном диапазоне от 50 до 55 мм. Изменение происходит практически синхронно, что также свидетельствует о хорошем состоянии скоплений (рис. 17).

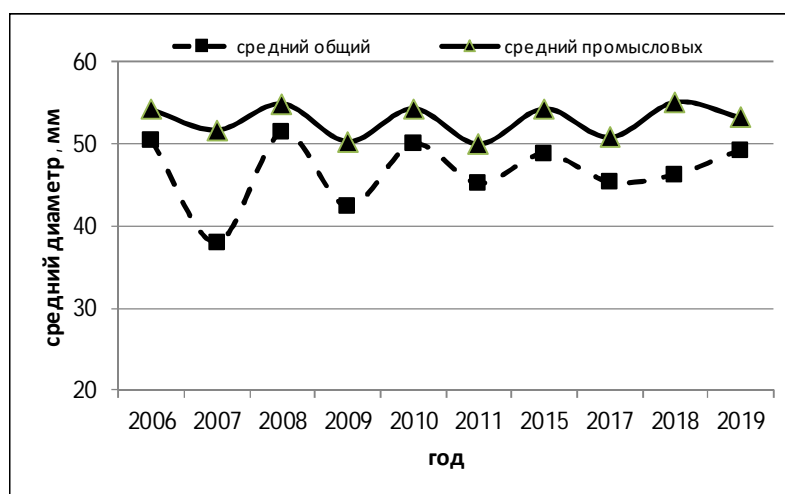


Рис. 17. Динамика среднего диаметра панциря морского ежа серого у юго-восточного Сахалина на участке м. Свободный - м. Менапуцы.

Учетные съемки 2017 и 2018 гг. свидетельствуют, что, в сравнении с предыдущими годами, промысловые скопления ежей остались практически в тех же местах, и площадь поселений морских ежей не уменьшилась.

В 2013 г. на I участке (м. Томари-Анива - м. Мраморный) удельные плотности морских ежей колебались от 0,02 до 32 экз./м², средняя плотность составляла 4,7 экз./м². Удельные биомассы колебались от 1 до 1500 г/м² (средняя биомасса – 185 г/м²). В 2017 г. на участке отмечено уменьшение средней плотности, а в 2018 г. произошло увеличение средней удельной плотности почти в 2 раза. Данные 2014-2018 гг. свидетельствуют, что удельные плотности поселений здесь колеблются незначительно и остаются на низком уровне. В 2020 г., по данным мониторинга, на полигонах в зал. Анива, на северо-восточном побережье, плотности поселений ежей варьировались от 0,07 до 627 экз./м², средняя удельная плотность составляла

4,5 экз./м². Удельная биомасса скоплений изменялась от 4,8 до 518,5 г/м² (средняя удельная биомасса – 197,4 г/м²).

В 2021 г., по данным мониторинга, на полигонах в зал. Анива, на северо-восточном побережье, плотности поселений ежей варьировались от 0,1 до 46 экз./м², средняя удельная плотность составляла 4,1 экз./м². Удельная биомасса скоплений изменялась от 10 до 1480 г/м² (средняя удельная биомасса – 254 г/м²). Результаты мониторинга свидетельствуют, что основные промысловые параметры обилия остаются практически на том же уровне (рис. 18).

В 2022 г., по данным учетной съемки в зал. Анива, на северо-восточном побережье (I участок) плотности поселений ежей варьировались от 0,03 до 11 экз./м², средняя удельная плотность составляла 4,2 экз./м² и практически не различались с показателями 2021 г. Удельная биомасса скоплений изменялась от 3 до 998 г/м² (средняя удельная биомасса – 264 г/м²).

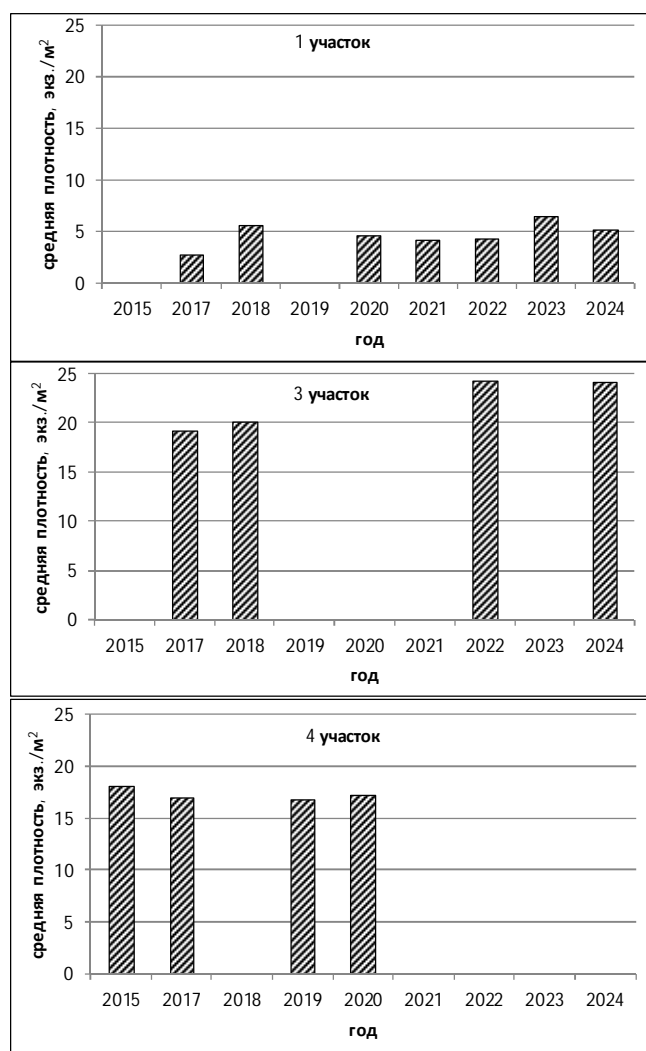


Рис. 18. Средняя плотность поселений морского ежа серого на разных участках Восточно-Сахалинской подзоны в 2015-2024 гг.: м. Томари-Анива - м. Мраморный (I участок); м. Крильон - р. Медведевка (III участок); м. Свободный - м. Корнелия (IV участок).

В 2023 г., по данным мониторинга на полигонах северо-восточного побережья зал. Анива (I участок), плотности поселений ежей варьировались

от 0,1 до 100 экз./м², средняя удельная плотность составляла 6,4 экз./м². Удельная биомасса скоплений изменялась от 10 до 7200 г/м² (средняя удельная биомасса – 528 г/м²). Результаты мониторинга свидетельствуют, что основные промысловые параметры обилия существенно увеличились.

В 2024 г., по данным учетной съемки в зал. Анива, на северо-восточном побережье (I участок) удельные плотности поселений ежей варьировались от 0,03 до 9,6 экз./м², средняя удельная плотность составляла 5,1 экз./м². Средние удельные плотности были больше показателей съемок 2020-2022 гг. Удельная биомасса скоплений изменялась от 3 до 770 г/м² (средняя удельная биомасса – 257,0 г/м²). На I участке зал. Анива удельные плотности морских ежей с 2020 по 2024 гг. варьируются от 2,7 до 6,4 экз./м².

На III участке (м. Анастасия - р. Медведевка) западного побережья зал. Анива наблюдается незначительное колебание средней плотности. В 2012 г., в сравнении с 2010-2011 гг., она снизилась с 15,6 до 12,3 экз./м². В 2018 г. здесь наблюдали существенное увеличение плотности – до 20,1 экз./м².

В 2022 г. на III участке удельная плотность варьировалась от 0,1 до 100 экз./м², средняя плотность составляла 24,3 экз./м² и существенно превышала показатели обилия 2018 г. Удельная биомасса скоплений изменялась от 3 до 4951 г/м² (средняя удельная биомасса – 1071 г/м²).

В 2024 г. на III участке удельная плотность варьировалась от 0,1 до 100 экз./м², средняя плотность составляла 24,2 экз./м² и была на уровне 2022 г. Удельная биомасса скоплений изменялась от 3 до 2 420 г/м² (средняя удельная биомасса – 662,7 г/м²).

В 2023 г., по данным сезонного мониторинга на полигонах в зал. Анива, на участке м. Томари-Анива - м. Мраморный отмечается увеличение показателей обилия морского ежа на полигонах. По данным мониторинга, средние плотности поселений ежей варьировались от 7,4 до 29,5 экз./м², средняя удельная плотность составляла 9,1 экз./м². Средние удельные биомассы скоплений варьировались от 506 до 2148 г/м² (средняя удельная биомасса – 904 г/м²). О росте промысловых показателей обилия свидетельствует и сезонная динамика удельных плотностей и биомасс (рис. 19).

По данным учетных съемок 2017-2022 и 2024 гг., наблюдается увеличение площади промысловых поселений морских ежей. Общая площадь, занимаемая поселениями ежей на этих участках в зал. Анива, увеличилась с 1550 до 1750 тыс. м² (табл. 3). По данным съемки 2024 г., в зал. Анива отмечается увеличение площади поселений морских ежей и, соответственно их численности.

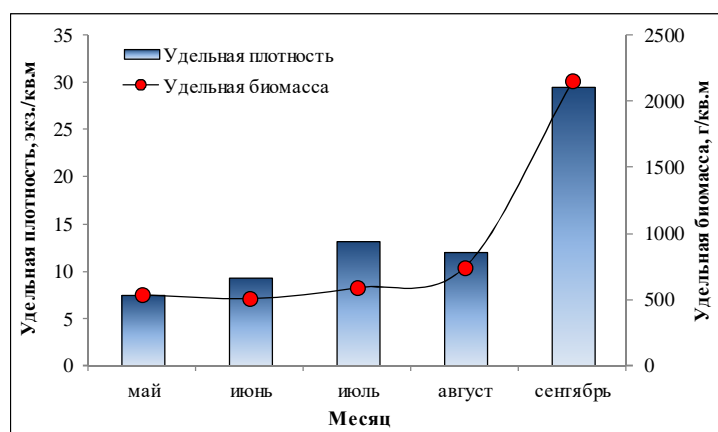


Рис. 19. Динамика средних удельных плотностей (экз./м²) и биомассы (г/м²) морского ежа серого на участке м. Томари-Анива - м. Мраморный (I участок) в 2023 г.

Таблица 3

Ресурсы морского ежа серого в зал. Анива в 2024 г.

Участок	S, тыс м ²	N общая (тыс. экз.)	% пром. от N	N пром. (тыс. экз.)	B общая тыс. т.	% пром. от B	B пром. тыс. т.
м. Томари-Анива – м. Мраморный	1350	6885	86,0	5921	0,406	97,5	0,396
м. Анастасия – р. Медведевка	400	9680	49,6	4801	0,358	70,9	0,253
Зал. Анива	1750	16565		10722	0,764		0,649

Примечание: (N общая) – общая численность; (N пром.) – численность промысловых особей; (B общая) – общая биомасса (тыс. т); (B пром.) – промысловая биомасса (тыс. т); (% пр. от N) – процент промысловых от численности; (% пром. от B) – процент промысловых от биомассы;

В 2015 г. у юго-восточного Сахалина отмечено существенное увеличение удельных плотности и биомассы. Плотность по станциям колебалась от 0,1 до 210 экз./м² (средняя плотность по району составляла 18,1 экз./м²). Биомасса изменялась от 2 до 12 075 г/м² (средняя удельная биомасса по району составляла 822,3 г/м²). В 2017 г. наблюдали снижение промысловых показателей скоплений. Плотность варьировалась от 0,03 до 200 экз./м² (средняя – 16,9 экз./м²).

Удельная биомасса изменялась от 1,2 до 8400 г/м² (средняя – 754 г/м²). По данным летней учетной водолазной съемки 2019 г., количественные характеристики скоплений остались на том же уровне. Плотность варьировала от 0,02 до 200 экз./м² (средняя – 16,8 экз./м²). Пределы варьирования биомассы составили от 1,2 до 14660 г/м² (средняя – 924,9 г/м²). В 2019 г. площадь поселений морского ежа на участках м. Свободный - м. Менапуцы и с. Охотское - м. Арцышевского составила 1,57 млн. м².

В 2020 г. был обследован новый северный участок юго-восточного побережья м. Сима - м. Сенявина. Удельные плотности по станциям колебались от 0,1 до 86 экз./м², средняя – 10,6 экз./м². Удельная биомасса варьировалась от 0,5 до 2709 г/м², средняя – 436,4 г/м². Площадь поселений на вновь обследованных участках, где морской еж образует скопления, составила 268777 м² (табл. 4).

Таблица 4

Ресурсы морского ежа серого у юго-восточного Сахалина в 2019 и 2020 гг.

Участок	Площадь, м ²	N общая (экз.)	% пром. от N	N пром. (экз.)	В общая тыс. т.	% пром. В от общей В	В пром. тыс. т.
м. Свободный – м. Менапуцы	1500000	25200000	74,5	18648000	1,461	86,7	1,268
с. Охотское – м. Арцышевского	70000	308000	55,8	172000	0,013	76,9	0,010
м. Сима – м. Сенявина ▲	268770	2848960	60,8	1732160	0,117	77,8	0,091
по району ЮВС	1838770	28356960		20192160	1,591		1,369

Примечание: (N) – общая численность (штук); (N пром.) – численность промысловых особей (штук); (В) – общая биомасса (тыс. т.); (В пром.) – промысловая биомасса (тыс. т.); (% пр. от N) – процент промысловых от численности; (% пром. от В) – процент промысловых от биомассы; ▲ – по данным 2020 г.

По данным водолазных съемок 2019-2020 гг., с учетом вновь обследованных участков на промысле, площадь поселений морских ежей у юго-восточного Сахалина составляет 1,839 млн. м².

О хорошем пополнении популяции свидетельствовали и данные планктонных съемок. Репродуктивный потенциал морских ежей очень велик и составляет до 25 млн яиц на зрелую гонаду [Fuji, 1960]. Сезон размножения достаточно длительный – с июня по сентябрь. В конце июля 2003 г. личинки морских ежей встречались по всей акватории зал. Анива. Их плотность варьировала от 8 до 3846 экз./м³ (составив, в среднем – 871,2 экз./м³), и они присутствовали практически во всех пробах (75% встречаемости). Поселения морских ежей, несмотря на их мозаичность, хорошо пополняются молодью за счет разноса личинок течениями.

Результаты исследований 1995-2022 гг. свидетельствуют о снижении плотности поселений животных до 2007 г. С 2012 г. в заливе Анива средняя плотность остается на стабильно низком уровне. В настоящее время увеличение плотности наблюдается на III участке зал. Анива, где, в сравнении с 2012 г., она выросла почти в 2 раза. В 2023 г. на I участке м. Томари-Анива - м. Мраморный в зал. Анива произошло увеличение промысловых характеристик скоплений. У юго-восточного побережья Сахалина (IV участок) с 2014 г., также, отмечается увеличение средних показателей обилия (см. *рис. 17*). Согласно многолетним данным, на I участке промысловая биомасса и общая биомасса увеличилась на 50 и 71 тонн, соответственно, за счет увеличения плотности и доли промысловых особей (*рис. 20*).

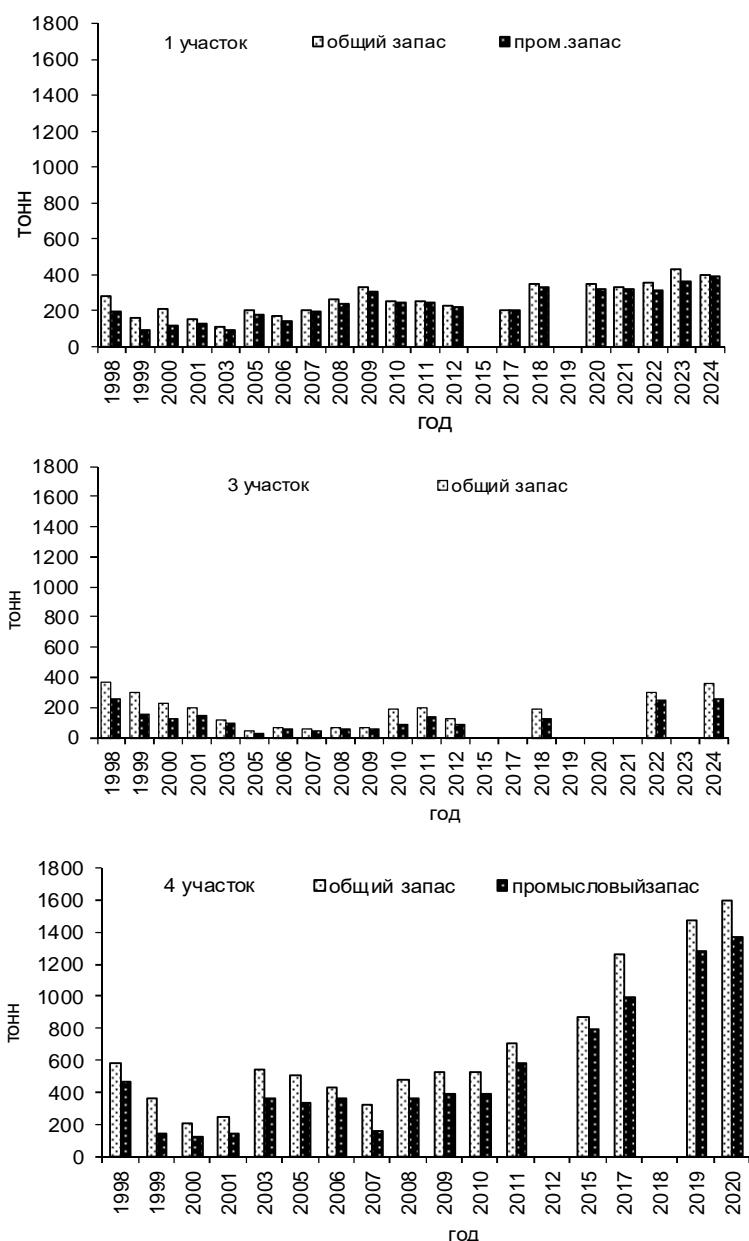


Рис. 20. Динамика общей и промысловой биомассы морского ежа серого по участкам Восточно-Сахалинской подзоны: I участок – м. Томари-Анива - м. Мраморный; III участок – м. Крильон - р. Медведевка; IV участок – м. Свободный - м. Корнелия.

На III участке рост биомассы произошел за счет увеличения промысловых характеристик скоплений и доли промысловых особей. На IV участке она выросла за счет увеличения площади обитания, промысловых характеристик скоплений.

В целом, в Восточно-Сахалинской подзоне отмечается незначительное увеличение общего и промыслового запасов до 2,355 и 2,018 тыс. т, соответственно. Суммарная площадь, занятая скоплениями морских ежей, составила 3588770 м² (табл. 5).

Таблица 5

Ресурсы морского ежа серого в подзоне Восточно-Сахалинской, по данным 2021-2024 гг.

Участок	Площадь, м ²	N общая (экз.)	% пром. от N	N пром. (экз.)	В общая тыс. т.	% пром. В от общей В	В пром. тыс. т.
I [▲]	1 350 000	6 885 000	86	5 921 000	0,406	97,5	0,396
III [▲]	400 000	9 680 000	49,6	4 801 000	0,358	70,9	0,253
IV*	1 838 770	28 356 960	71,2	20 192 160	1,591	86,1	1,369
Всего	3 588 770	44 921 960		30 914 160	2,355		2,018

I участок – м. Томари-Анива - м. Мраморный; III участок – м. Крильон - р. Медведка; IV участок – м. Свободный - м. Менапуцы, с. Лесное - м. Арцышевского, м. Сима - м. Сенявина

Примечание: (N) – общая численность (штук); (N пром.) – численность промысловых особей (штук); (В общая) – общая биомасса (тыс. т.); (В пром.) – промысловая биомасса (тыс. т.); (% пром. от N) – процент промысловых от численности; (% пром. В от общей В) – процент промысловой биомассы от общей биомассы; ▲ – по данным 2024 г. * – по данным 2020-2022 гг.

Определение биологических ориентиров. Для определения ОДУ воспользовались одной из модификаций концепции «предосторожного» подхода [В.К. Бабаян, 2000]. В данном случае использовали методы анализа, основанные на результатах учетных съемок. Применяли такие биологические ориентиры, как предельная (B_{lim}), буферная (B_{buf}) и целевая (B_{tr}) биомасса.

За период наблюдений максимальная промысловая биомасса (B_{max}) составляла 2,018 тыс. т. Лимитирующая биомасса $B_{lim}=0,2(B_{max})$ составила 0,403 тыс. т. Буферная биомасса $B_{buf}=0,5(B_{max})$ составила 1,0 тыс. т. Целевая биомасса $B_{tr}=B_{MSY}=3/2B_{buf}$ составила 1,5 тыс. т. Коэффициент промысловой эксплуатации F_{lim} принят как равный F_{MSY} и рассчитан по формуле, предложенной Caddy (1998): $F_{lim}=F_{MSY}=(0,981M-0,194M^2)=0,26$, где естественная смертность для морских ежей Сахалина равна 0,28 [Табунков, 1994 г.]. В настоящее время промысловый запас превышает максимальный наблюденный уровень 1998 г. (промысловый запас – 1,84 тыс. т). Необходимо выбрать режим управления запасом таким образом, чтобы он не опускался ниже уровня B_{MSY} . В 2024 г. промысловая биомасса (2,018 тыс. т) полностью удовлетворяет условию $B_{2024} > B_{buf} > B_{lim}$. Целевой ориентир управления промысловой смертности, согласно концепции «предосторожного» подхода, принимается как $F_{tr}=0,5F_{MSY}=0,13$. Так как коэффициент промысловой эксплуатации (u) определяется от мгновенной промысловой смертности по формуле, как $u=1-e^{(-F)}$ [Рикер, 1979], пришли к коэффициенту изъятия $U_{tr}=12,2\%$.

Обоснование правила регулирования промысла. Правила регулирования промысла (ПРП) конструировали на основе модификации «предосторожного подхода» (рис. 21), принятого во ВНИРО [Бабаян, 2000].

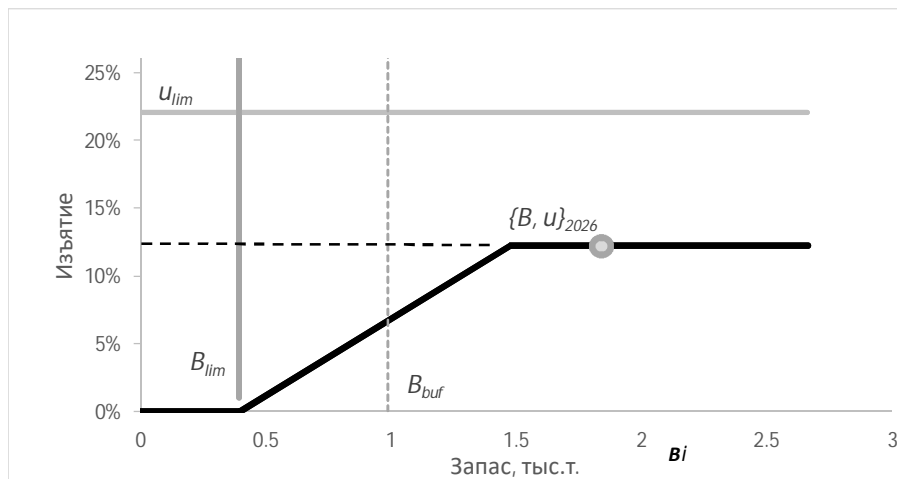


Рис. 21. Правило регулирования промысла морского ежа серого у восточного Сахалина.

Выделялось 3 режима эксплуатации в зависимости от оценки биомассы запаса B_t :

- режим НИР, $B_t \leq B_{lim}$: величина рекомендуемого изъятия U_{rec} постоянна и соответствует величине изъятия, необходимого для НИР, $U_{rec} = const = U_{lim}$;

- режим восстановления запаса, когда величина рекомендуемого изъятия устанавливается в соответствии с величиной запаса, $B_{lim} < B_t < B_{tr}$:

$$U_{rec} = \frac{(u_{tr} - u_0)(B_t - B_{lim})}{B_{tr} - B_{lim}} + u_0;$$

- режим постоянной интенсивности промысла, $B_t > B_{tr}$: $U_{rec} = const = U_{tr}$.

Моделирование запаса на 2026 г. показало его увеличение в подзоне Восточно-Сахалинской, по сравнению с 2025 г. Прогнозируемый коэффициент эксплуатации на 2026 г. составляет 12,2%. Результаты оценки промысловой биомассы в 2024 г. (2,018 тыс. т) находятся между средним и верхним уровнем прогнозной оценки. Ожидаемая прогнозная промысловая биомасса, рассчитанная на 2026 г., составляет 1,84 тыс. т, верхний уровень прогнозной оценки – 2,1 тыс. т. Необходимо применение к этой группировке адаптивной стратегии на постепенное повышение уловов с целью отклика популяции. Отсюда целевой ориентир управления по коэффициенту промысловой эксплуатации, согласно концепции «предосторожного» подхода, принимаем как $U_{tr}=12,2\%$.

Прогноз состояния запаса. За период наблюдений (рис. 22) отмечено 2 периода наибольшей общей биомассы: 1997-1998 и 2022-2023 гг. В 2002 г. наблюдалась самая низкая общая и промысловая биомассы. В 2005 г. отмечалось увеличение промысловой биомассы, затем – ее снижение. Последний пик увеличения численности морских ежей приходился на 2011 г., затем последующие два года отмечалось ее снижение и далее – рост. Как и в предыдущие годы, после 2-3 летнего периода снижения биомассы, наблюдалось ее увеличение, и запасы достигли максимального уровня 1998 г. (общий запас – 2,1 тыс. т, промысловый запас – 1,84 тыс. т). В 2014-2024 гг. отмечается рост общей и промысловой биомассы.

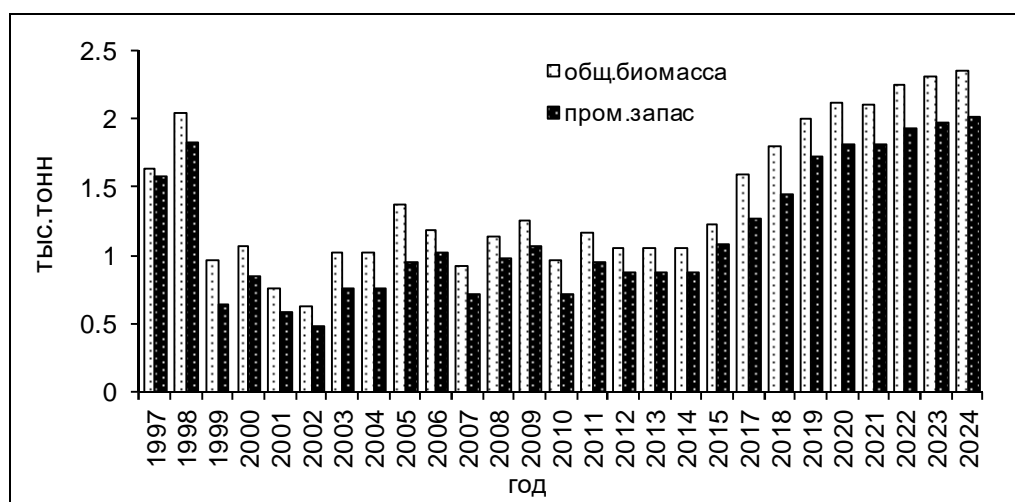


Рис. 22. Динамика общей и промыслового биомассы морского ежа серого в Восточно-Сахалинской подзоне, оцененных с применением методов прямого учета.

По результатам водолазных съемок 2017-2020 г. у юго-восточного Сахалина, с учетом обнаружения новых промысловых скоплений, общая площадь, на которой морские ежи образуют поселения с промысловой плотностью, составляла 1838770 м². По результатам водолазной съемки 2024 г. в зал. Анива – 1750000 м². Для подзоны Восточно-Сахалинской общий запас составил 2,355 тыс. т, промысловый запас – 2,018 тыс. т. Учитывая увеличение ресурсов восточного Сахалина, предполагается, что промысловый запас будет находиться на стабильном уровне.

Для оценки промысловой биомассы и прогноза ОДУ предварительно использовали конечно-разностную модель с запаздыванием Деризо-Шнютэ [Deriso, 1980; Schnute, 1987] на основе анализа ретроспективных данных. Модель Деризо-Шнютэ [Hilborn, Walters, 2001; Schnute, 1987] является своеобразным компромиссом между когортными и продукционными моделями [Quinn, Deriso, 1999]. Моделирование динамики запаса показало (рис. 23), что в 2014-2020 гг. он увеличивался, что подтверждали прямые учетные наблюдения.

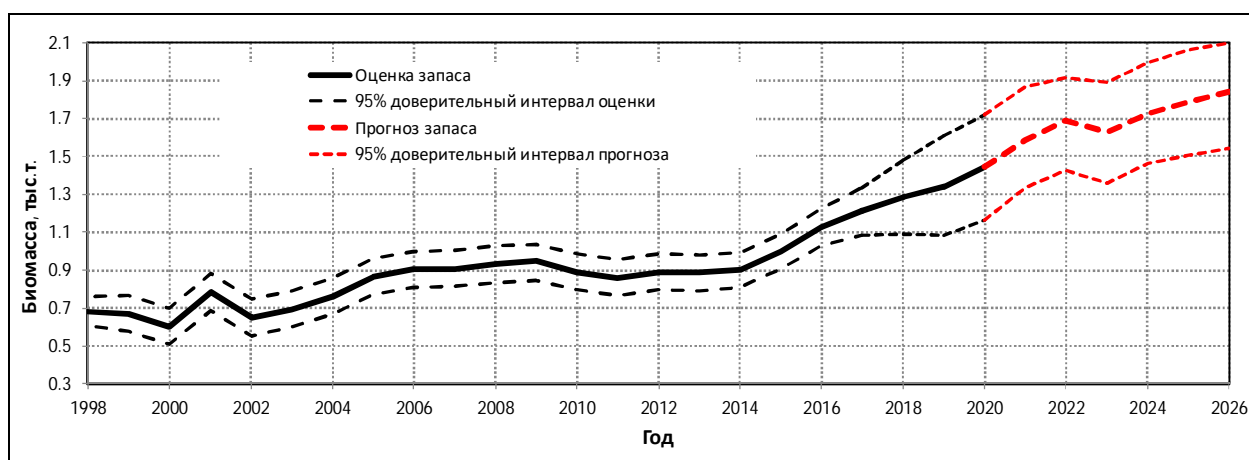


Рис. 23. Оценка и прогноз промыслового запаса морского ежа серого Восточно-Сахалинской подзоны, рассчитанные по конечно-разностной модели с запаздыванием Деризо-Шнютэ.

Получение новых данных и моделирование запаса на 2026 г. показывает его увеличение в подзоне Восточно-Сахалинской. Ожидаемая прогнозная величина промысловой биомассы серого морского ежа в 2026 г. находится в интервале 1,55-2,02 тыс. т, при медианном значении – 1,841 тыс. т.

Обоснование объема ОДУ. Расчетная оценка запаса в 2017-2024 гг. и моделирование запаса на 2026 г. показывают увеличение промысловой биомассы. Учитывая, что средний уровень прогнозной величины промысловой биомассы на 2026 г. составляет 1,841 тыс. т, а расчетная промысловая биомасса – 2,018 тыс. т, предлагается определить ОДУ от средней величины в 1,93 тыс. т между моделируемой медианой и прямой оценками промыслового запаса.

В соответствии с прогнозируемым коэффициентом эксплуатации в 12,2%, предлагается установить ОДУ серого морского ежа в Восточно-Сахалинской подзоне на 2026 г. в объеме 0,235 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ морского ежа серого в Восточно-Сахалинской подзоне на 2026 г. в объеме 0,235 тыс. т.**

Морской ёж серый (*Strongylocentrotus intermedius*)

61.06 – зона Японское море

61.06.1 – подзона Приморье

Исполнители: В.Н. Кулепанов, Е.Э. Борисовец (ТИНРО),
А.Ю. Поваров (ХабаровскНИРО)
Куратор: А.В. Лабутин (ВНИРО)

Морской ёж серый *Strongylocentrotus intermedius* – доминирующий вид в биоценозах побережья северо-западной части Японского моря. Обитает на твердых грунтах, является ценным промысловым объектом и играет важную роль в экономике Приморского края. Промысел морских ежей активно ведется более 35 лет.

В заливе Петра Великого массовый нерест ежей проходит с июня по сентябрь, в районе от мыса Поворотный до мыса Золотой – со второй декады июля по сентябрь, однако в южной, центральной и северной части района сроки нереста могут варьировать. Промысел ежей, в основном, ведется в летние месяцы, когда гонады большинства особей имеют максимальную массу. Промысловый размер морского ежа серого – 45 мм по диаметру панциря.

Анализ доступного информационного обеспечения. На участке южнее мыса Золотой при подготовке прогноза на 2026 г. использованы данные, полученные при выполнении учетных съемок в 2009-2021 гг. Водолазная съемка осуществлялась по стандартным разрезам в районах поселений морских ежей в прибрежной зоне, до глубины 20 м, по стандартной методике, согласно заранее выполненным картам-схемам работ (рис. 1, 2).

В 2024 г., с 16 августа по 16 сентября, на прибрежной акватории от б. Рейд Паллада до б. Преображения выполнено 686 водолазных станций. Серые морские ежи встречены на 281 станции. Промерено и взято на полный биологический анализ 477 животных (табл. 1).

В 2015-2017 гг. схема разрезов для мониторинга скоплений морских ежей была скорректирована. Для этого была составлена карта распределения грунтов, основанная на результатах предыдущих водолазных съемок, выполненных на НИС «Убежденный» в период с 2000 по 2014 гг. Также были учтены особенности распределения подводных ландшафтов, видимых на спутниковых снимках прибрежных мелководий. Это позволило оптимизировать сетку станций и уточнить площадь грунтов, благоприятных для обитания ежей. На каждом разрезе выполнялось 1-3 станции.

В пробе определялись биомасса и численность промысловых и непромысловых особей, анализировался размер (диаметр и высота панциря), их масса, масса гонад, а также пол и стадия зрелости гонад.

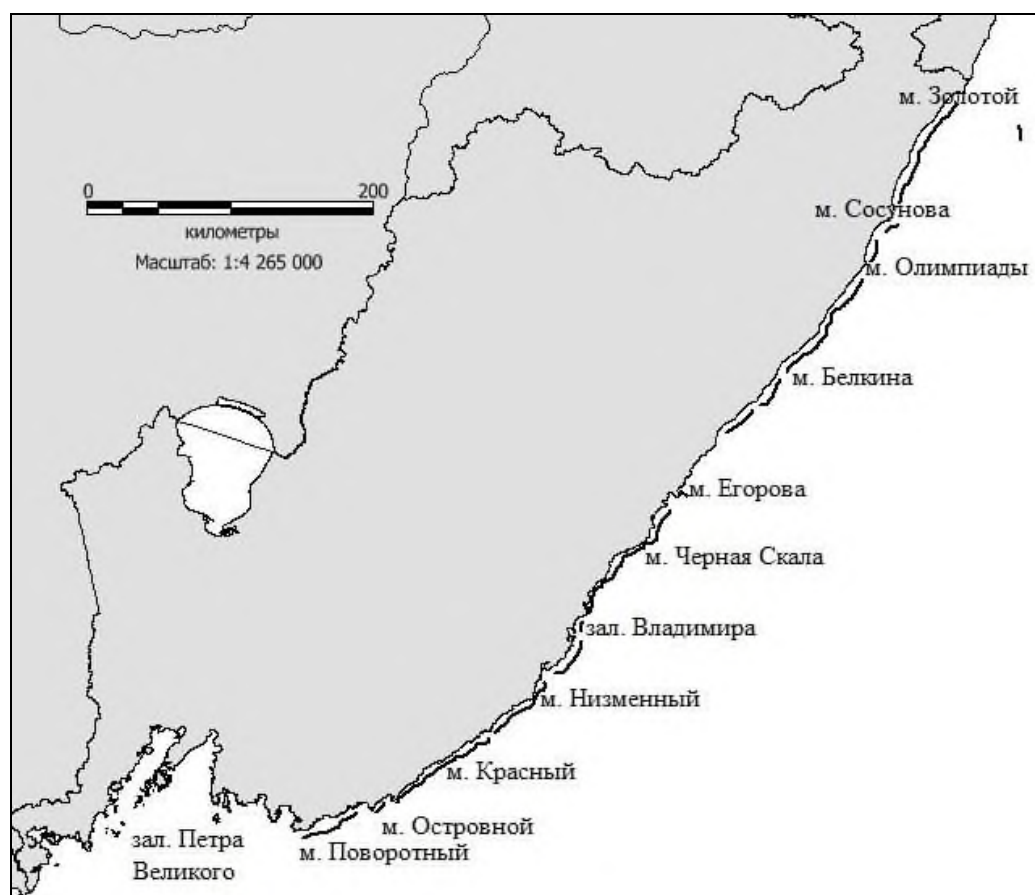


Рис. 1. Район работ, выполняемых при съемках морского ежа серого от мыса Поворотный до мыса Золотой.

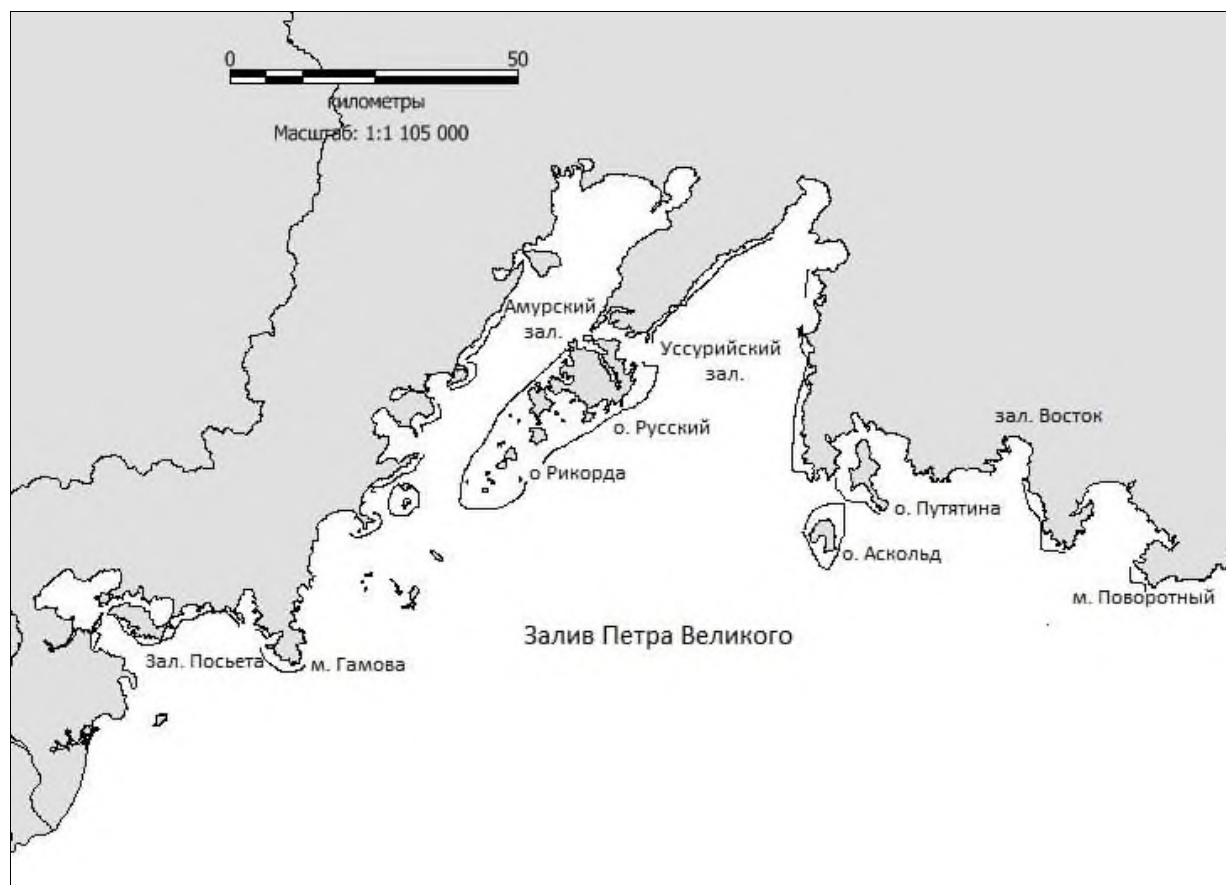


Рис. 2. Район работ в зал. Петра Великого

Таблица 1

Объем выполненных учетных работ за период 2009-2024 гг. в водах Приморья

Период исследования		Район исследования	Количество водолазных станций	Анализ животных, экз.
2009	04.06–22.07	зал. Петра Великого	563	980
	26.08–24.10	м. Поворотный – м. Плитняк	1927	19205
2010	1.06–30.06	зал. Петра Великого	558	786
	1.09–04.11	м. Поворотный – м. Золотой	1909	20122
2011	01.06–01.07	зал. Петра Великого	731	789
	03.09–22.10	м. Поворотный – м. Плитняк	1368	21040
2012	14.06–13.07	зал. Петра Великого	668	714
	01.09–31.10	м. Поворотный – м. Гиляк	1773	23206
2013	07.06–06.07	зал. Петра Великого	574	714
	30.08–28.10	м. Поворотный – м. Гиляк	1177	14164
2014	01.06–11.07	зал. Петра Великого	893	1200
	26.08–20.10	м. Поворотный – м. Гиляк	1874	14390
2015	11.08–29.10	зал. Петра Великого (зал. Посьета, Амурский, акватории архипелага Императрицы Евгении, район от бух. Анна до зал. Находка); бух. Киевка – мыс Гиляк	1648	3052
2016	1.07–3.09	м. Поворотный – м. Разградского	1257	742
2017	18.08–14.09	м.. Поворотный – устье р. Венюковка	656	2100
2018	9.10–9.11	зал. Петра Великого	626	1549
2019	19.09–22.10	м. Поворотный – бух. Русская	747	9336
2020	7.08–16.09	бух. Краковка – бух. Евстафия	644	8826
2021	11.05–9.06	м. Поворотный – мыс Золотой	307	1215
2024	16.0–16.09	зал. Петра Великого м. Поворотный – бух. Преображения	686	1894

В 2022 и 2023 гг. исследований не проводилось. В 2024 г. съемка выполнена в некоторых районах залива Петра Великого и северо-восточнее м. Поворотный, до бух. Преображения.

Учитывая большой ряд данных экспедиционных исследований (более 25 лет), информационная обеспеченность прогноза соответствует 2-му уровню.

На участке севернее мыса Золотой источником данных к прогнозу послужили материалы донных траловых съемок, выполненных в 2013-2018 гг. Учетные траления осуществлялись стандартным донным тралом ДТ/ТВ 27,1/24,0 с мягким грунтропом и 10-метровой мелкочейной вставкой (шаг ячеи – 10' 10 мм). Отсутствие регулярных водолазных съемок и промысловой статистики указывает, что информационная обеспеченность прогноза для участка севернее мыса Золотой соответствует третьему уровню.

Обоснование выбора методов оценки запаса. На участке южнее мыса Золотой оценка запасов выполнялась традиционными методами, утвержденными в ТИПРО 29 марта 2013 г., как основные методы оценки численности и биомассы водных биологических ресурсов, величины запаса и его прогноза, оценки возможной доли изъятия [Основные методы оценки..., 2013], включая метод площадей [Аксютин, 1968]. Статистическую обработку полученных данных проводили с применением статистических программ (STATISTICA, Microsoft Excel).

На участке севернее мыса Золотой, учитывая недостаточную эффективность имеющихся в нашем распоряжении орудий лова (трал) для добычи серого ежа, можно считать недостоверной оценку численности его по результатам траловых съемок последних лет. Кроме того, на глубинах, где, по данным водолазных съемок находятся промысловые скопления этого объекта, работа тралом невозможна. В связи с этим, целесообразно ограничиться инерционной оценкой текущего промыслового запаса, приняв его на уровне, полученном по результатам наиболее полной специализированной водолазной съемки от мыса Золотой до бух. Нельма (47°39' с.ш.) в 2002 г. Оценка запасов выполнялась методом сплайн-аппроксимации [Столяренко, Иванов, 1988] с учетом района исследований и батиметрического диапазона, с применением программы «КартМастер v. 4.1» [Поляков, 2008].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Добыча морского ежа серого ведется исключительно водолазным способом. Отечественный промысел морских ежей был начат в конце 1980-х годов. До 1999 г. в подзоне Приморье в различные годы серого ежа вылавливали в объеме 1550-1250 т, с 1999 по 2004 гг. – 800-900 т. До 2004 г. за рыбодобывающими предприятиями на конкурсной основе закреплялись рыбопромысловые районы на 3-5 лет с последующим продлением договора аренды или заменой их другими. При таком подходе заинтересованность участников в сохранении запасов ежа была очевидна.

Начиная с 2004 г., промысел морского ежа серого проводится на основе долевого участия рыбопромышленных предприятий в освоении выделенной квоты (Постановление Правительства РФ № 704 от 20 ноября 2003 г.). При этом предприятия-участники, заинтересованные лишь в освоении доли квоты и не имеющие ограничения в районах добычи, сосредоточили промысел на участках с наиболее высокой плотностью «коммерческих» особей (50-65 мм) ежа, полностью осваивая выделяемую квоту.

Дополнительную нагрузку на популяцию серого ежа оказывал неучтенный промысел как сахалинских, так и приморских рыбаков. Это привело к снижению оцененного промыслового запаса морского ежа серого в районе от мыса Поворотного до мыса Золотого с 8-9 тыс. т (2002-2004 гг.) до 5,7 тыс. т (2005 г.). В 2006-2009 гг., в связи с введением жестких природоохранных мер, запас промысловых особей ежа стабилизировался и в 2009 г. составил 7,35 тыс. т, с учетом его запаса на глубинах более 20 м (1,8 тыс. т). В 2010 г. промысловый запас увеличился до 9,4 тыс. т и в 2011-2012

гг. оставался на том же уровне (9,3-9,4 тыс. т). В 2013 г. промысловый запас в районе от мыса Поворотного до мыса Золотого составил 8,2 тыс. т (без учета ежа на глубинах более 20 м), в 2014 г. – 8,39 тыс. т, в 2015 г. – 9,9 тыс. т, в 2016 г. – 9,0 тыс. т, в 2017 г. – 9,1 тыс. т, в 2018 г., предположительно, остался на прежнем уровне (9,0 тыс. т). В 2019 г. промысловый запас оценен в 7,7 тыс. т, в 2020-2023 гг. – 7,8 тыс. т (*табл. 2*). Состояние промыслового запаса морского ежа серого в зал. Петра Великого на протяжении 2007-2023 гг. находится на уровне 800-1000 т. Динамика промыслового запаса и ОДУ серого морского ежа в подзоне Приморье представлена в *таблице 2*.

Таблица 2

Динамика промыслового запаса (2009-2024 гг.) и ОДУ (2009-2026 гг.) морского ежа серого в подзоне Приморье

Год	Подзона Приморье	
	Запас, т	ОДУ, т
2015	10759	890
2016	9971	890
2017	10000	890
2018	9921	910
2019	8657	911
2020	8739	911
2021	8910	911
2022	8671	911
2023	8671	911
2024	9161	911
2025	-	911
2026	-	911

По официальным данным Приморского территориального управления Росрыболовства, квота морского ежа серого, выделяемая промышленности в южной части подзоны Приморье, осваивалась в последние годы практически полностью. В 2014 г. она освоена на 98,5%, в 2015 г. – на 70,04%, в 2016 г. – 74,09%, в 2017 г. – 99,48%, в 2018 г. – 86,12%, в 2019 г. – 94,64%, в 2020 г. – 99,14%, в 2021 г. – 93,05%, в 2022 г. – 93,33%, в 2023 г. – 84,90%, в 2024 г. – 74,86%. В подзоне Приморье вылов морского ежа серого в 2024 г. проводили семь предприятий. На основе анализа работы их судов южнее мыса Золотой, средний суточный вылов в подзоне Приморье составил 0,900 т. На участке севернее мыса Золотой вылов не осуществлялся.

От мыса Поворотный до мыса Золотой в 2015 г. в выборках встречался серый ёж с размерами от 6 до 89 мм, при среднем диаметре панциря – 47,5 мм. В районе от мыса Островной до мыса Гиляк наибольшие средние биомассы и плотности промыслового серого ежа были отмечены на участке от мыса Красный до мыса Южный, а также в районе от мыса Елагина до мыса Егорова. Средняя плотность промысловых ежей в этих районах изменялась от 3 до 5 экз./м², биомасса – от 220 до 404 г/м². С продвижением на север от мыса Егорова, до мыса Гиляк, средняя плотность ежей постепенно снижалась и варьировала от 0,3 до 2 экз./м², биомасса – от 37 до 169 г/м². Также, довольно низкие плотности и биомассы серого ежа были

отмечены в южных участках исследуемого района: от мыса Островной до мыса Красный, где плотность промысловых ежей составляла 0,6-0,7 экз./м², а средняя биомасса – 69-74 г/м².

В 2016 г. средняя плотность поселения морского ежа серого на участке от мыса Поворотный до мыса Разградского составляла 1 экз./м², биомасса – 72 г/м². Преобладали особи промысловых размеров, со средней плотностью поселения – 0,7 экз./м². Плотность поселения непромысловых ежей составляла всего 0,3 экз./м². Размеры ежей в пробах варьировали от 3 до 90 мм, при среднем значении – 58 мм. Преобладали промысловые особи (83,0%), их средний размер составлял 63,7 мм, средний размер непромысловых ежей – 28,2 мм. Модальную группу представляли животные размером 63-74 мм (40,0%).

В 2017 г. средняя плотность *S. intermedius* на участке от мыса Надежды до реки Венюковка составляла 3,6 экз./м², биомасса – 116 г/м². Преобладали особи непромысловых размеров: средняя плотность – 2,6 экз./м² и биомасса – 29,5 г/м². Средняя плотность промысловых ежей была почти в три раза меньше – 1 экз./м², при биомассе – 87 г/м². Крупные скопления непромысловых *S. intermedius* были распространены практически вдоль всего побережья от мыса Надежды до мыса Максимова. Севернее мыса Максимова непромысловые ежи встречались единично. Распределение промысловых особей было более разреженным. В целом, средняя плотность *S. intermedius* по всему району, в сравнении с 2015 г., несколько увеличилась: с 0,85 до 1 экз./м² у промысловых ежей, и с 1,5 до 2,6 экз./м² – у непромысловых. В 2019 г. средняя плотность промысловых скоплений морского ежа серого на участке от бух. Моряк-Рыболов до бух. Русская варьировала от 1,0 до 3,33 экз./м², биомасса – от 75,0 до 198,0 г/м². Снижение показателей обилия ежей промысловых размеров было отмечено на участках от мыса Маневского до о. Чихачева и от мыса Елагина до мыса Егорова.

На всех исследованных участках наблюдалось преобладание в пробах непромысловых животных, что, вероятно, связано со значительным пополнением скоплений ежей в последние годы.

На некоторых участках побережья ежегодно наблюдаются скопления мелкоразмерных ежей, доля которых значительно превосходит долю промысловых особей. Это акватории от бух. Моряк-Рыболов до мыса Низменный, район у мыса Южный. Обусловлено это низкими темпами роста ежей в этих районах.

В 2020 г. преобладали особи непромысловых размеров: средняя плотность – 12,4 экз./м², и биомасса – 220,9 г/м². Средняя плотность промысловых животных была почти в три раза ниже – 4,3 экз./м², при биомассе – 213,2 г/м². Наибольшие плотности скоплений *S. intermedius*, как и в прошлые годы, наблюдались на участках, где темпы роста ежей снижены – от мыса Красный до мыса Красная Скала, а также от мыса Красная Скала до мыса Низменный. В исследуемом районе размеры серых ежей изменялись от 1 до 85 мм, при среднем – 33,92 мм. В сравнение с 2014 г., в 2020 г. увеличилась доля непромысловых ежей с 61 до 73%, в связи с этим, средний

размер ежей в 2020 г. снизился с 40,5 мм (2014 г.) до 33,9 мм. В 2020 г. в пробах преобладали животные размером от 25 до 40 мм (32%). По промысловым участкам средние размеры *S. intermedius* варьировали в пределах от 30,18 до 69,57 мм.

В 2021 г. в прибрежье от мыса Поворотный до о. Опасный плотность ежей варьировала от 0,1 до 29 экз./м², средняя плотность – 9,21 экз./м². Биомасса изменялась от 2,8 до 3276,5 г/м², средняя биомасса – 563,1 г/м². На участке от мыса Низменный до мыса Грозный плотность варьировала от 0,01 до 49,0 экз./м² (средняя плотность – 10,41 экз./м²). Биомасса варьировала от 0,76 до 2147,75 г/м² (средняя биомасса – 523,3 г/м²). В районе от бух. Соболёвка до мыса Гиляк показатели были ниже, плотность варьировала от 0,01 до 2,0 экз./м². Биомасса изменялась от 0,82 до 65,0 г/м² (средняя биомасса – 18,8 г/м²).

В 2024 г. плотность серых морских ежей варьировала от 0,01 до 52 экз./м², в среднем составляла 4,13 экз./м². Наиболее плотные скопления ежей отмечены к северо-востоку от м. Поворотный.

Средние многолетние данные по биомассе, плотности поселений, площади и оценке промысловых запасов приведены в *таблице 3*.

Таблица 3

Средняя многолетняя плотность поселений (экз./м²) и биомасса (г/м²) морского серого ежа промыслового размера по участкам на акватории от мыса Поворотный до мыса Торопыгина (2012-2024 гг.)

Границы рыбопромысловых районов	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Площадь, км ²	Оценка запаса, т
Мыс Поворотный – Скалы Крейсер	0,8	72,2	3,1	223,8
Скалы Крейсер – мыс Сысоева	0,58	66,1	1,9	125,6
Мыс Сысоева – мыс Якимова	1,61	147,9	2,7	399,3
Мыс Обручева – мыс Разградского	1,14	109,9	1,1	120,9
Мыс Островной – Крутая Скала	1,32	95,2	1,3	123,8
Мыс Крутая Скала – мыс Овсянкина	2,49	142,3	2,7	384,2
Мыс Овсянкина – мыс Красный	3,05	119,1	2,7	321,6
Мыс Красный – мыс Красная скала	2,54	138,2	3,0	414,6
Мыс Красная Скала – мыс Низменный	2,28	119,0	2,3	273,7
Мыс Низменный – мыс Маневского	1,79	143,8	0,7	100,7
Мыс Маневского – о. Чихачева	2,16	169,6	1,0	169,6
О. Чихачева – мыс Скалистый	2,24	150,5	2,5	376,3
Мыс Скалистый – мыс. Южный	1,63	114,5	4,0	458,0
Мыс Южный – мыс Черная Скала	1,52	118,2	4,4	520,1
Мыс Черная Скала – мыс Елагина	1,70	145,0	5,5	797,5
Мыс Елагина – мыс Егорова	1,84	158,6	2,5	396,5
Мыс Егорова – р. Широкая падь	1,41	121,5	4,3	522,5
Р. Широкая падь – р. Лиственная	2,28	147,2	3,7	544,6
Р. Лиственная – мыс Белкина	1,17	83,7	2,6	217,6
Мыс Белкина – мыс Максимова	1,36	99,7	1,8	179,5
Мыс Максимова – мыс Соболевского	0,72	70,8	11,8	835,4
Мыс Соболевского – р. Бурливая	0,94	93,7	2,0	187,4
Р. Бурливая – р. Плитняковая	0,36	57,6	4,7	270,7
Р. Плитняковая – мыс Гиляк	0,45	66,7	0,4	26,7
Итого			72,7	8090,4

Размерная структура поселений морского серого ежа в прибрежье от мыса Поворотный до мыса Золотой в последние годы представлена на рисунке 3.

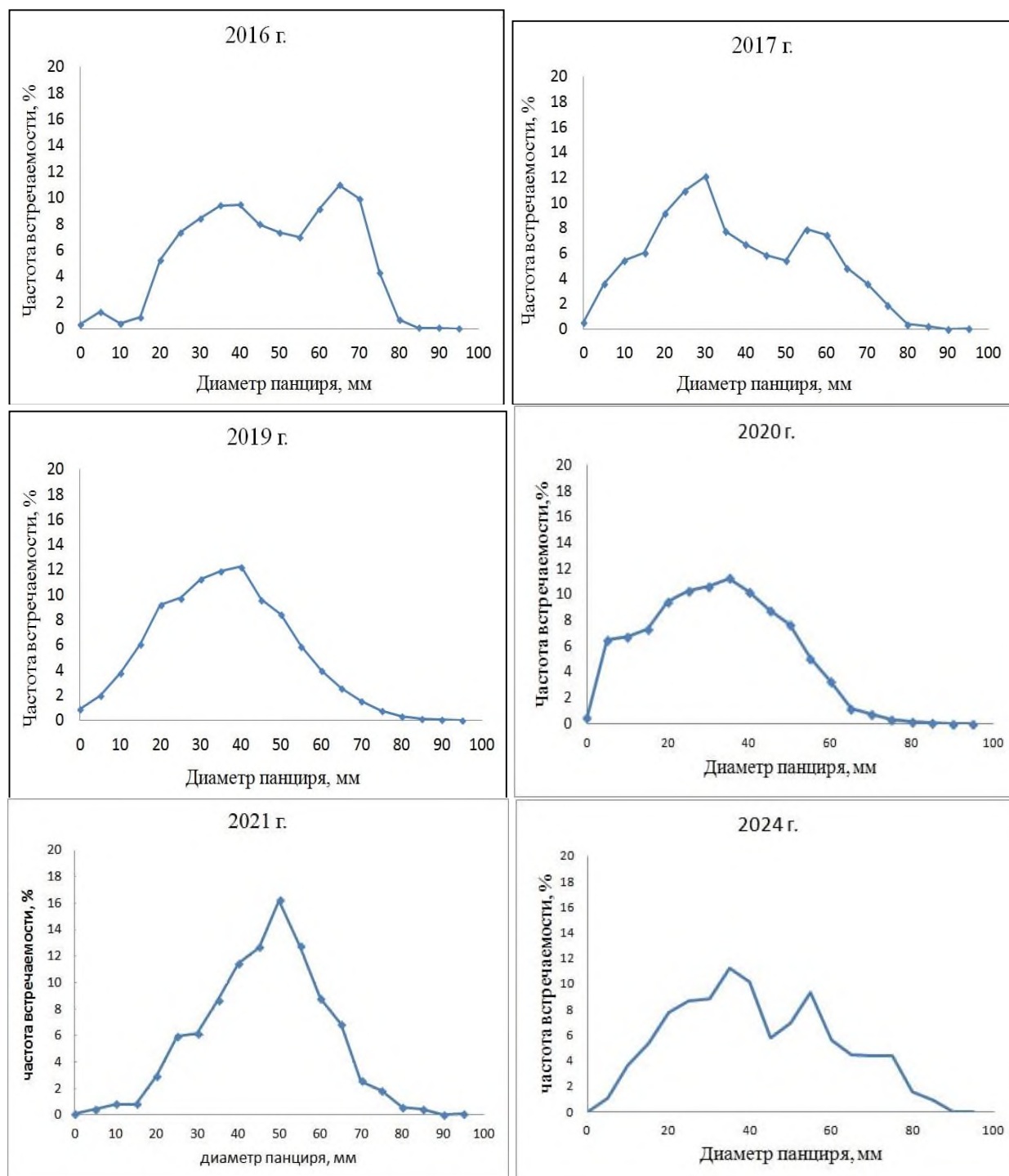


Рис. 3. Размерная структура поселений морского серого ежа, оцененная в ходе ресурсных исследований в подзоне Приморье северо-восточнее м. Поворотный (2016-2024 гг.): 2016 г. – м. Поворотный - м. Разградского; 2017 г. – м. Надежды - устье р. Венюковка; 2019 г. – бух. Моряк-Рыболов - м. Первенец; 2020 г. – бух. Краковка - бух. Евстафия; 2021 г. – м. Поворотный - м. Гиляк; 2024 г. – м. Поворотный - м. Оларовского.

В заливе Петра Великого в 2015 г. средняя плотность поселений ежей составляла 3,4 экз./м², средняя биомасса – 140 г/м², плотность особей непромыслового размера – 2,3 экз./м², промысловых – 1,0 экз./м². В целом по

зал. Петра Великого наибольшая средняя плотность промысловых ежей была отмечена в его восточной части – 1,8 экз./м², наименьшая – на участке п-ов Янковского - п-ов Ломоносова – 0,3 экз./м², однако, здесь же выявлена наибольшая средняя плотность мелкоразмерных особей – 3 экз./м². Также довольно крупные скопления таких животных зафиксированы у о. Русский и близлежащих островов, со средней плотностью – 2,9 экз./м².

В 2018 г. средняя плотность поселений ежей и биомасса варьировали в широких пределах. Максимальные биомассы отмечались в районе от мыса Льва до п-ова Ломоносова. Средняя биомасса ежей в этом районе составляла 37,3 г/м², промысловая – 32,2 г/м² (табл. 4). В других исследованных районах средняя биомасса варьировала от 19,2 до 26,1 г/м².

Таблица 4

Средняя многолетняя плотность поселений и биомасса морского серого ежа в зал. Петра Великого (2014-2021 гг.) и запас в 2021 г.

Границы рыбопромысловых районов	Средняя плотность, экз./м ²	Средняя биомасса, г/м ²	Площадь, км ²	Запас, т
Мыс Деда - п-ов Песчаный	0,7	25,9	3,5	91
Островная зона	0,65	22,4	6,3	141
Уссурийский залив	0,5	37,1	6,4	237
Мыс Майделя - мыс Поворотный	0,4	16,3	21,6	352
Итого			37,8	821

В 2024 г. плотность морского ежа серого варьировала от 0,01 до 17 экз./м², биомасса – от 0,35 до 41,7 г/м². Показатели обилия морских ежей промысловых размеров и оценка запасов по исследованным районам представлены в таблице 5.

Таблица 5

Плотность поселений и биомасса морского серого ежа промысловых размеров в зал. Петра Великого и запас в 2024 г.

Границы рыбопромысловых районов	Средняя плотность, экз./м ²	Средняя биомасса, г/м ²	Площадь, км ²	Запас, 2024 г.
Мыс Деда – п-ов Песчаный	0,73	34,14	3,5	119
Островная зона	0,77	37,5	6,3	236
Уссурийский залив	-	-	6,4	-
Мыс Майделя - мыс Поворотный	0,69	29,9	21,6	645
Итого			37,8	1000

Учитывая, что в 2024 г. в некоторых районах залива Петра Великого съемка не проводилась (Уссурийский залив), можно предположить, что запас серого ежа в заливе Петра Великого не снизился и находится на уровне 1000 т.

В 2013-2017 гг. в заливе Петра Великого ежи в уловах имели размеры от 3 до 85 мм (средний диаметр панциря – 52 мм), доля особей промыслового размера варьировала от 62,2% (2017 г.) до 97,6% (2013 г.) (рис. 4). В 2018 г.

доля особей промыслового размера уменьшилась до 30,8%. В большинстве исследованных районов отмечено незначительное повышение средней плотности ежей, которое произошло за счет увеличения доли мелкоразмерных непромысловых особей.

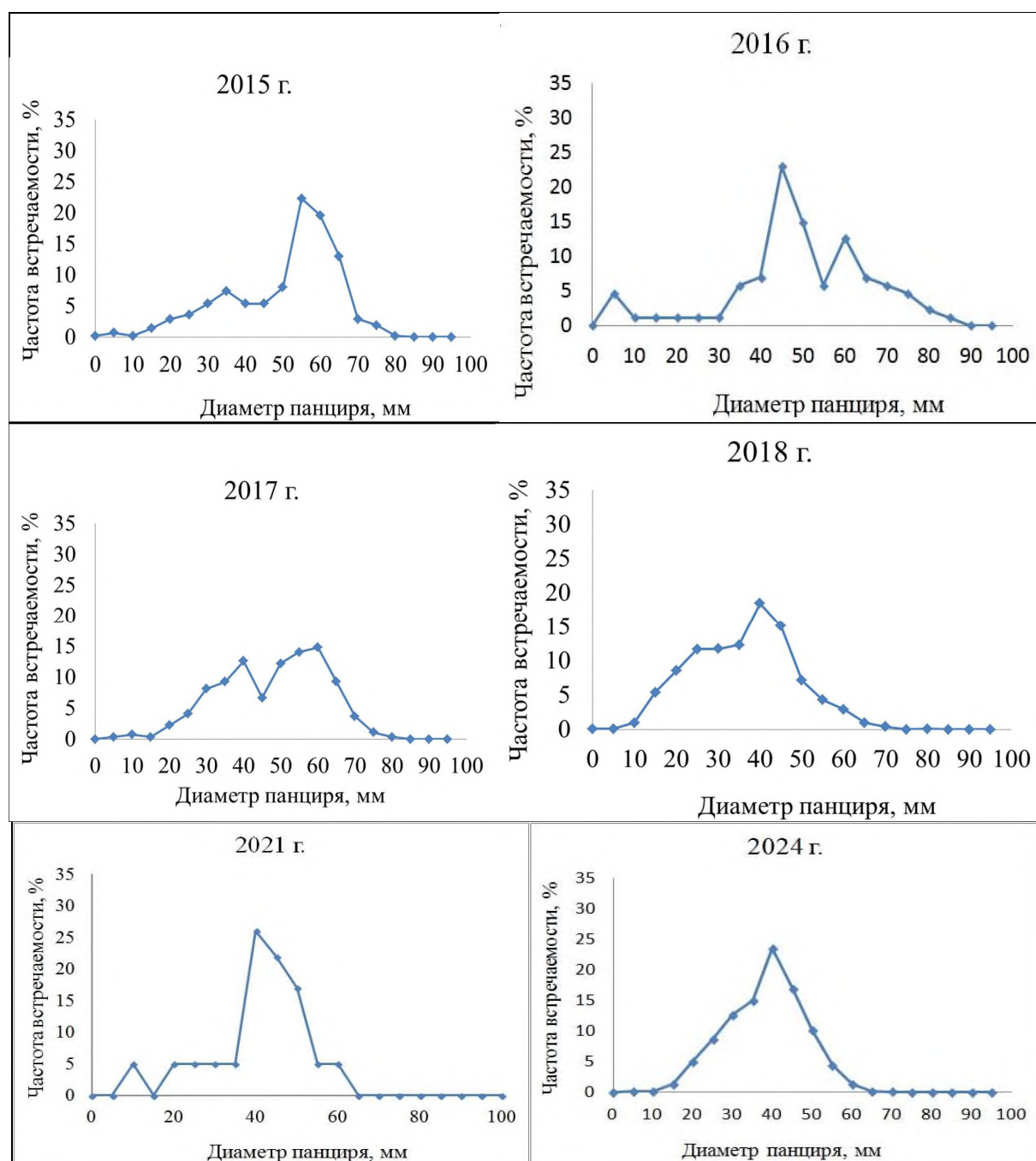


Рис. 4. Размерная структура поселений морского серого ежа в зал. Петра Великого (2015-2024 гг.).

В 2021 г. в зал. Петра Великого серый еж встречался на глубинах от 2,7 до 12,3 м. Плотность ежей варьировала от 0,01 до 3,5 экз./м², в среднем – 0,94 экз./м². Биомасса ежей варьировала от 0,07 до 128,8 г/м², в среднем – 32,12 г/м².

Летом 2021 г. у берегов Приморья сложились аномальные океанологические условия, характеризующиеся, прежде всего, повышенной

(с аномалиями до +7 градусов) температурой в поверхностном слое моря (Зуенко и др., 2022). Данная температурная аномалия могла сказаться на оседании личинок морских ежей.

В 2022 и в 2023 гг. исследования по оценке запасов морского ежа серого в прибрежье Приморья не проводились.

В августе 2023 г. в Приморье прошел тайфун Ханун. Количество осадков за месяц составило 14591 мм, что превышает исторический максимум 1936 г. Паводки наблюдались на большинстве рек Приморского края. Морской ёж серый относится к стеногалинным видам и распреснение морской воды в прибрежной зоне сказывается неблагоприятно на выживаемости как личинок, так и взрослых особей.

В 2024 г. размеры серых морских ежей варьировали от 6 до 70 мм. Доля ежей промысловых размеров (45 мм и более) в заливе Петра Великого составляла 33,3 %.

Наличие особей непромысловых размеров свидетельствует о том, что пополнение популяции находится на удовлетворительном уровне.

На участке севернее мыса Золотой (в границах Хабаровского края) разведанные промысловые запасы морских ежей относительно невелики, промышленный лов отсутствует, а изъятие осуществлялось только в режиме НИР. Способ добычи – водолазный.

Единственным районом в границах Хабаровского края, где велся водолазный промысел морского ежа серого, являлся участок от мыса Туманный (47°19' с.ш.) до бух. Нельма. Суточный вылов составлял от 300 до 600 кг на одного водолаза, однако, промысел был прекращен после 2005 г.

В ходе траловых съемок 2013-2014 гг. серый еж был отмечен на двух участках прибрежья – от мыса Красный Партизан (48°58,7' с.ш.) до мыса Юма (49°29,8' с.ш.) и от мыса Иванова до мыса Мурашко (50°15,0'-50°56,0' с.ш.). В 2015 г. морской еж серый был отмечен на двух участках – в районе мыса Сюркум (50°50' с.ш.) и южнее мыса Крестовоздвиженский (48°26,6' с.ш.). В 2016 г. серый еж встречался на участках от п. Нельма до п. Де-Кастри (51°28,4' с.ш.).

По результатам исследований, диаметр панциря серого ежа варьировал от 4 до 83 мм, при среднем значении – 25,4 мм. Средняя масса ежа в уловах составляла 9,6 г. В выборках преобладали особи с диаметром панциря 55-64 мм, их доля составляла в 2013 г. 38,3%, в 2014 г. – 31,3%. Доля особей, достигших промыслового размера, в 2013 г. равнялась 83,1%, в 2014 г. – 73,7%. При сравнении материалов траловых съемок 2013-2014 гг., у серого ежа отмечается схожесть в структуре и размерном составе уловов (рис. 5). По всей видимости это связано с характером лова и отсутствием промысла данного вида в исследуемом районе. В 2015 г. в выборках преобладали особи с диаметром панциря 15-24 и 35-44 мм, их доля составляла 66,5%. Доля особей, достигших промыслового размера – 19,5% (рис. 5). В 2016 г. (55 особей) в выборках преобладали особи с диаметром панциря 15-20 мм (35,2%) и 20-25 мм (39,6%). Доля особей, достигших промыслового размера, составила 15,7%. В 2018 г. преобладали особи с диаметром панциря 15-25 мм

(36,0%), все пойманные особи не достигли промыслового размера (рис. 5).

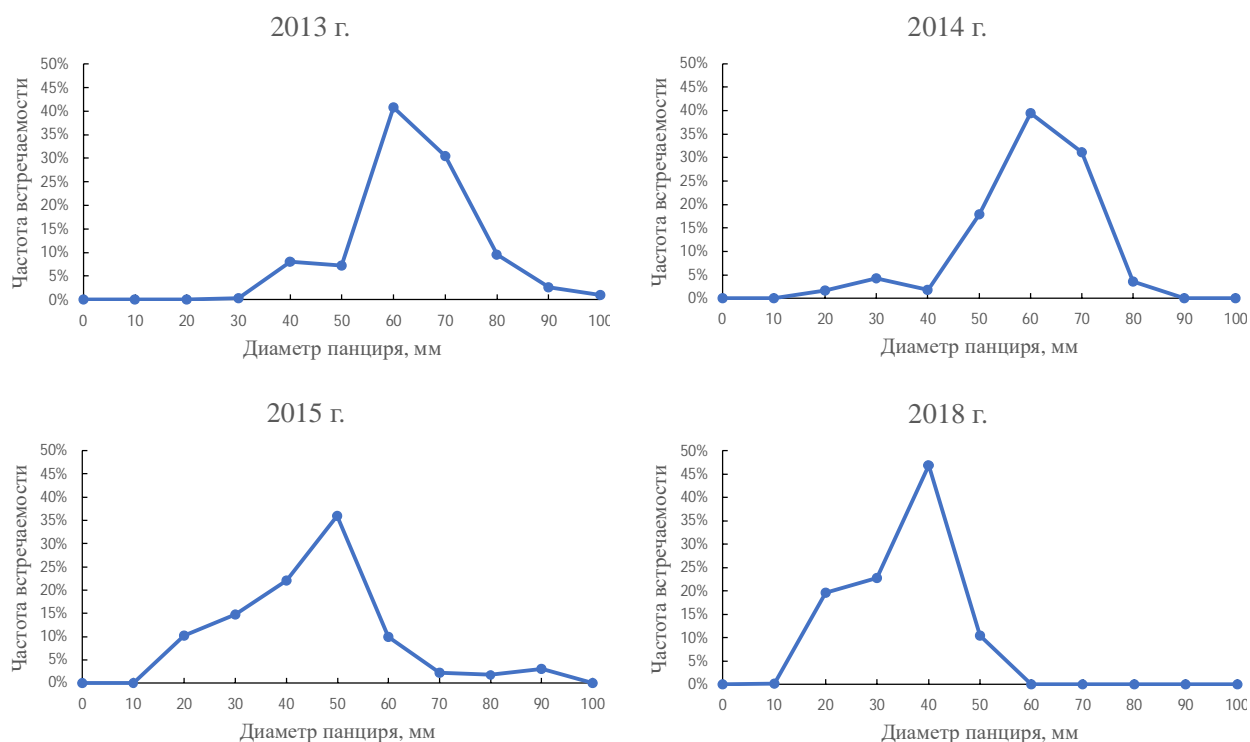


Рис. 5. Размерный состав поселений морского ежа серого в уловах трала на НИС «Бухоро» в сентябре-октябре 2013-2014 гг., мае-июне 2015 г., июне 2018 г.

Общий запас рассчитан по результатам съемки 2016 г. и оценен величиной в 365 т. Промысловый запас для *Strongylocentrotus intermedius* составляет 71 т. В 2023 и 2024 гг. исследований по серому морскому ежу севернее мыса Золотой не проводилось.

Определение биологических ориентиров. Для определения ОДУ на участке южнее мыса Золотого, воспользовались одной из модификаций концепции «предосторожного» подхода [Бабаян, 2000] Использовали методы анализа, основанные на результатах учетных съемок. Применяли такие биологические ориентиры, как предельная (B_{lim}), буферная (B_{buf}) и целевая (B_{tr}) биомассы.

За период наблюдений максимальная промысловая биомасса (B_{max}) составляла 9,9 тыс. т. Лимитирующая биомасса $B_{lim} = 0,2(B_{max})$ составила 1,982 тыс. т, буферная биомасса $B_{buf} = 0,5(B_{max})$ – 4,954 тыс. т. Целевая биомасса B_{tr} составила $3/2B_{buf} = 7,432$ тыс. т. Коэффициент промысловой эксплуатации для популяции морского ежа серого принят 0,1. Исходя из имеющихся показателей, построена диаграмма стратегии управления промыслом морского ежа серого в подзоне Приморье южнее мыса Золотого (рис. 6).

В связи с тем, что в последние годы материалов по съемкам морских ежей недостаточно, принятые биологические ориентиры требуют корректировки и в последующем будут уточняться.

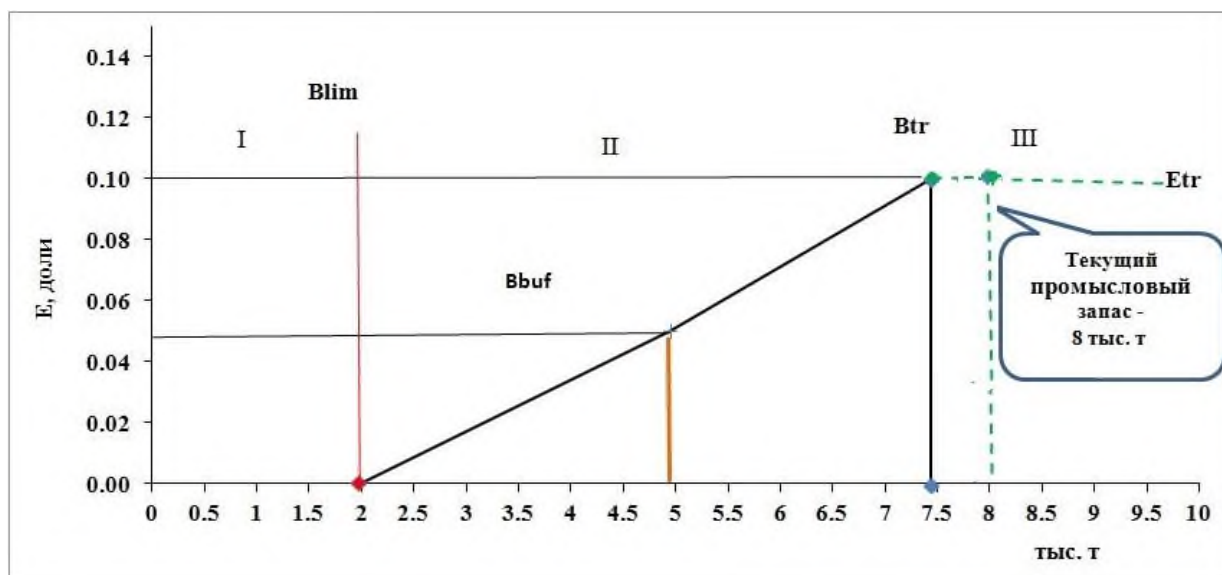


Рис. 6. Диаграмма стратегии управления запасом морского ежа серого в подзоне Приморье (мыс Поворотный - мыс Золотой). Режимы регулирования: I – режим полного запрета на промысел, II – режим восстановления запаса, III – режим постоянной интенсивности промысла.

На участке севернее мыса Золотой результаты исследований не позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования ПРП на основе «принципа предосторожности».

Прогноз состояния запаса. Общий запас морского ежа серого в подзоне Приморье южнее мыса Золотой на площади 110 км² составил 13,0 тыс. т, промысловый – 9,09 тыс. т (в заливе Петра Великого – 1,0 тыс. т, от мыса Поворотный до мыса Золотой – 8,09 тыс. т). Учитывая тот факт, что в 2010-2024 гг. уровень промыслового запаса был стабильным (8,0-10,0 тыс. т, среднее значение – 9,4 тыс. т), предполагается, что в 2026 г. запас составит порядка 9,1 тыс. т.

Поскольку промысел в подзоне Приморье, севернее мыса Золотой, прекращен в 2005 г., предполагается, что объем промыслового запаса там будет оставаться неизменным. В качестве инерционной оценки текущий промысловый запас морского ежа серого прогнозируется на уровне 0,071 тыс. т.

С учетом данных, полученных в 2024 г., промысловый запас морского ежа серого в подзоне Приморье составил 9,161 тыс. т. Таким образом, прогнозируется, что в 2026 г. суммарный промысловый запас в подзоне Приморье останется стабильным и не упадет ниже 9,11 тыс. т.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Промысловый запас морского ежа серого в подзоне Приморье на 2026 г. прогнозируется на среднемноголетнем уровне (9,11 тыс. т.). В связи со стабильным состоянием запаса, ОДУ морского ежа серого в подзоне Приморье на 2026 г. рекомендуется оставить на уровне 2024 г. – в объеме 0,911 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ морского ежа серого в подзоне Приморье на 2026 г. в объеме 0,911 тыс. т.**

Морской еж серый (*Strongylocentrotus intermedius*)

61.06. – зона Японское море

61.06.2 - подзона Западно-Сахалинская

Исполнитель: В.А. Сергееenko (СахНИРО)

Куратор: А.В. Лабутин (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. При подготовке прогноза ОДУ морских ежей на 2026 г. использованы современные материалы полномасштабной учетной водолазной съемки 2023 г. Также учтены данные мониторинга на полигонах на основном промысловом участке Западно-Сахалинской подзоны в 2024 г. (рис. 1).

Прогноз величины допустимого изъятия серого морского ежа Западно-Сахалинской подзоны так же основан на многолетних биологических материалах и прямых оценках биомассы, полученных в ходе учетных водолажных съемок СахНИРО в 2009-2021 гг. и данных промысловой статистики за 2018-2024 гг.

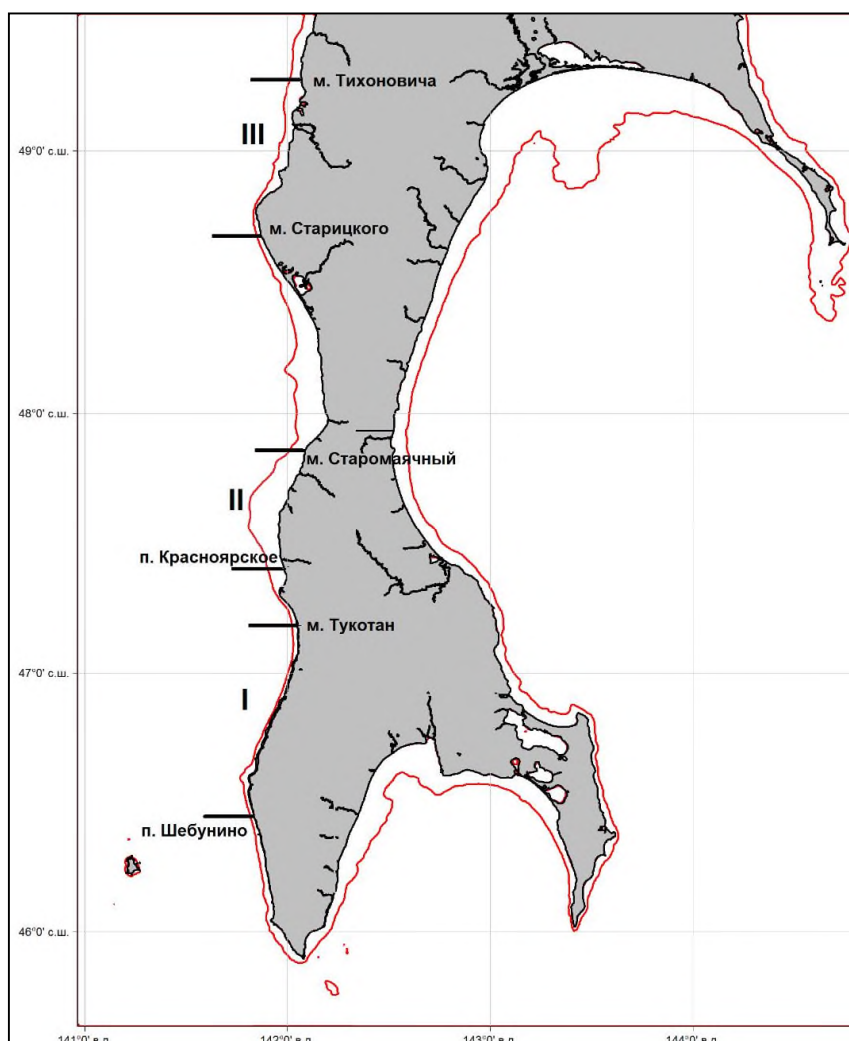


Рис. 1. Районирование Западно-Сахалинской подзоны в соответствии с промысловыми скоплениями серого морского ежа. Линия соответствует изобате 30 м.

В 2023 г. водолазными съемками охвачены наибольшие и основные районы (I и II) обитания и промысла морских ежей у юго-западного побережья о. Сахалин. При проведении учетной съемки выполнено 400 водолазных станций. На массовый промер взято 4157 экз. ежа, на полный биоанализ – 897 экз. Также, использованы биостатистические материалы, полученные в ходе мониторинговых НИР на полигонах основного промыслового участка в мае-сентябре 2023 г. На массовый промер взято 1215 экз. ежа, на полный биоанализ – 431 экз.

Использованы данные промысловой статистики весеннего и осеннего периодов промысла 2023 г. у юго-западного побережья, на 2-х основных промысловых участках (с. Шебунино - м. Тукотан и с. Красноярское - с. Томари). На промысле ежа на массовый промер взято 1169 экз., и 388 экз. – на биоанализ.

С 2011 г. съемками не были охвачены 2-й промысловый участок, от с. Красноярское до м. Старомаячный, и северный 3-й участок, от м. Старицкого до м. Тихоновича. В 2019 г. были обследованы основные традиционные участки промысла: с. Шебунино - м. Тукотан и м. Чихачева - г. Томари. После длительного перерыва был вновь обследован участок м. Стукамбис - г. Углегорск и совершенно новый район – м. Сигнальный - м. Мунай (49°40'-49°30' с.ш.). Для оценки промысловых параметров скоплений и запаса морских ежей у западного побережья Сахалина использованы результаты водолазных учетных съемок на новых участках побережья в 2020-2021 гг. Для оценки динамики запаса морских ежей на основном промысловом участке (с. Шебунино – с. Яблочное) использованы результаты водолазных учетных съемок 2014 и 2018 гг.

Для анализа динамики биологического состояния и запаса морского ежа привлечены архивные материалы, начиная с 1995 г., и результаты мониторинга на промысле в 2017-2023 гг.

Традиционно, водолазное обследование прибрежной зоны осуществлялось методом секущих разрезов. В зависимости от плотности поселений, разрезы располагали на расстоянии 0,5 км друг от друга. На каждом разрезе выполнялось от 3 до 4 станций от уреза воды до глубины 20 м, на разных глубинах (0,5-1, 2-4, 8-10, 14-15, 18-20 м). Между разрезами выполняли контрольные станции для оценки протяженности поселений морских ежей. В процессе водолазной съемки применяли два метода: трансект и площадочный метод учета [Скарлато, Голиков, 1964, Левин, 1994]. При первом, водолаз проходит по дну фиксированное расстояние (50 м), собирая в коридоре 1 м всех встреченных морских ежей для определения средних размеров, удельной биомассы и численности на единицу площади. При этом, определяли характер распределения животных в конкретном биотопе. В местах плотных скоплений гидробионтов использовалась рамка (площадью 0,25 м²), которая опускается в нескольких точках, и с ее площади собирают всех гидробионтов.

Для географической привязки выполняемой водолазной станции и получения точных навигационных данных для оконтуривания поселений

ежей, использовали спутниковый навигационный прибор GPS. Это позволяет получать достоверный исходный материал для расчета площади поселений, оценки запаса, и способствует значительному уменьшению погрешности экстраполяции, а также позволяет сравнивать полученные материалы с данными прошлых лет.

В целом, информационную обеспеченность прогноза следует признать соответствующей II уровню информационной обеспеченности (Приказ Росрыболовства № 104 от 06.02.2015 г.). Имеющиеся многолетние данные учетных водолазных съемок позволяют производить оценку запасов только с помощью площадных методов и выполнять прогноз запаса с помощью продукционной модели. Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования ПРП на основе принципа «предосторожного» подхода.

Обоснование метода выбора оценки запаса. Для оценки численности использовали метод изолиний Аксютиной (метод площадей). Серый морской еж до глубин 25 м хорошо облавливается и учитывается водолазом. Запас рассчитывается традиционным методом страт (с выделением зон равновеликих уловов) [Аксютин, 1968]. Используются методы сплайн-аппроксимации и геостатистической интерполяции (*Kriging*) [Keckler, 1994; Wackernagel, 1995]. Расчет оптимального изъятия проводили с применением принципа «предосторожного подхода» к управлению ресурсами [Бабаян, 2000]. Для обработки биостатистических данных и расчета запаса использовали программы Microsoft Excel и Surfer 11.

При расчете запаса учитывали, что промысловая мера для серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* одинакова для всех районов и составляет 45 мм. Морские ежи с диаметром панциря менее 45 мм считаются непромысловыми. Промысловый запас – это биомасса всех особей промыслового размера (с диаметром панциря 45 мм и выше). Промысловый запас рассчитывается исходя из оценки общего запаса, с учетом процентного соотношения особей промысловых и непромысловых размеров, как по численности, так и по биомассе. На основании данных по соотношению размерных групп, плотности поселений и среднему весу особей промысловых и непромысловых категорий производится перерасчет промыслового запаса. С этой целью, по материалам водолазного обследования на каждой станции определяется доля промысловых особей, средняя удельная биомасса промысловых и непромысловых особей, средний вес морских ежей для обеих категорий и средняя удельная плотность.

Накопленная информация к настоящему времени (1998–2024 гг.) (оценки промысловой биомассы, индексов запаса, промысловых усилий, вылова) обеспечила проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием продукционных моделей. Отсутствие промысловых данных до 2004 г. и в 2012–2016 гг. накладывает некоторые ограничения на их применение. Для оценки промысловой биомассы и прогноза ОДУ предварительно использовали конечно-разностную модель с запаздыванием Деризо-Шнютэ [Черниенко, 2016].

Принимали, что зависимость запас-пополнение описывается уравнением Рикера, и что промысловый запас пропорционален нерестовому, и, таким образом:

$$R_t = \gamma(B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1})e^{-\delta(B_{t-a_R-1} - Y_{t-a_R-1})},$$

где γ, δ – коэффициенты в уравнении «запас-пополнение».

Результаты применения модели для морского ежа носят предварительный характер. Учитывали также трудности учета пополнения, в связи с их низкой уловистостью водолазом, и возможную долю ННН-промысла (несообщаемый, нерегулируемый, незаконный) в период активного лова ежа.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. У западного побережья о. Сахалин серый морской еж (*Strongylocentrotus intermedius*), образует поселения в прибрежной полосе от с. Шебунино до м. Тихоновича. Он встречается в прибрежной зоне на глубинах от 0,5 до 30 м. Промысловые скопления сосредоточены в диапазоне глубин от 1 до 20 м.

В прибрежной зоне у юго-западного Сахалина существуют два основных участка обитания морских ежей, наиболее подверженных воздействию промысла: I участок – от с. Шебунино до с. Яблочное (традиционный район промысла); II участок – от с. Красноярское до м. Старомаячный (активно используемый промыслом в последние годы) (рис. 2).

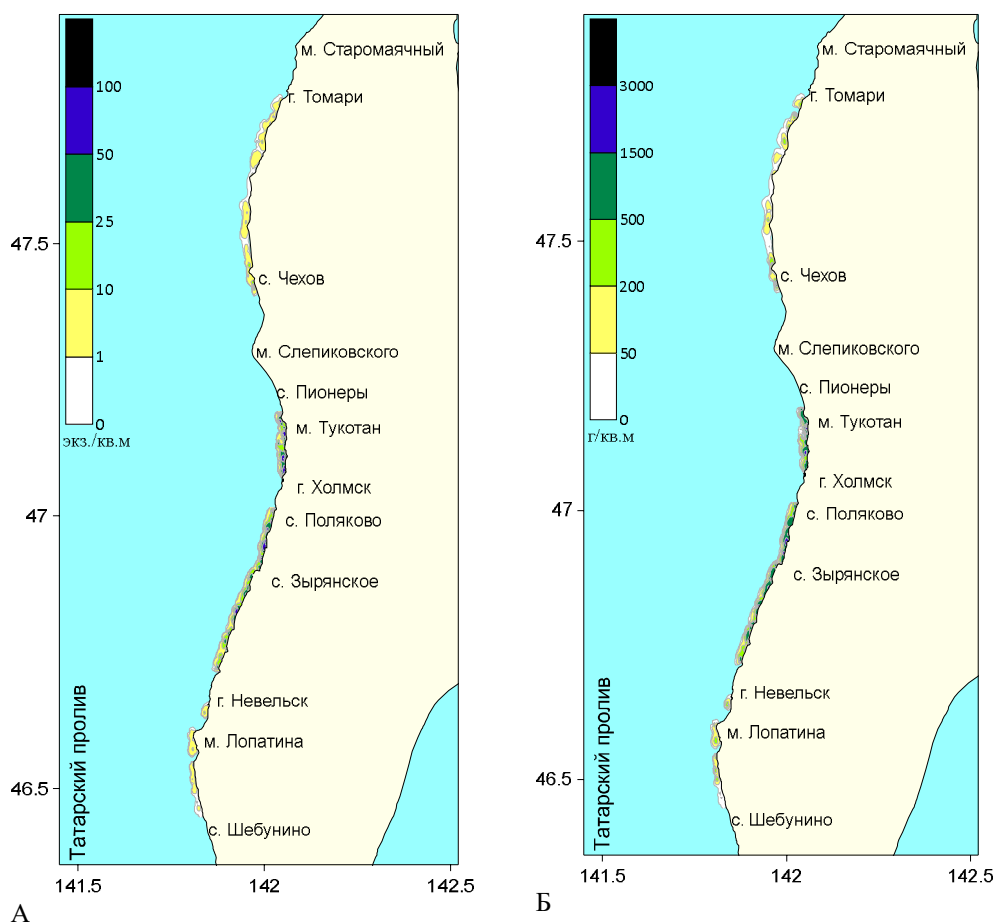


Рис. 2. Схема распределения серого морского ежа по удельной плотности (А, экз./м²) и биомассе (Б, г/м²) у юго-западного побережья о. Сахалин в 2023 г.

Третий (III) участок, от м. Старицкого до м. Тихоновича, находится на севере района обитания ежей у западного Сахалина. Четвертый (IV), северный участок, от м. Мунай до м. Сигнальный, был исследован впервые в 2019 г. (рис. 3). Исследования показали, что на этом северном участке обитают промысловые скопления морских ежей.

Исследования, проведенные в 2020-2021 гг. на новых северных участках западного побережья Сахалина, севернее м. Сигнальный, показали наличие локальных промысловых скоплений серого морского ежа до м. Жонкиер. Эти поселения разделены между собой песчаными и песчано-илистыми участками дна, непригодными для обитания серого морского ежа, и на которых ежи практически не встречаются (рис. 3).

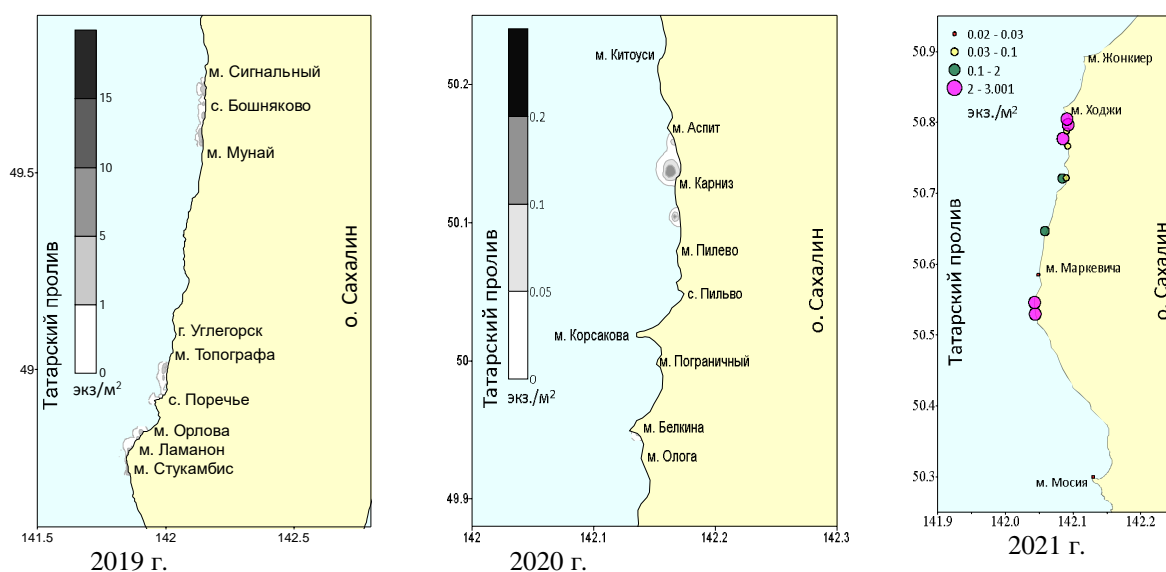


Рис. 3. Карты-схемы распределения промысловых скоплений серого морского ежа у западного побережья о. Сахалин.

Многолетние стандартные учетные водолазные съемки показали, что в обследованном районе выделяются три постоянных промысловых скопления морских ежей, образующих единый запас. Наибольшее по занимаемой площади скопление находится на участке от с. Шебунино до с. Яблочное (I участок). Доля этого участка в формировании общего запаса ежей у западного Сахалина достигает 80%. Здесь животные расселяются равномерно вдоль побережья на скальных грядках, на глубинах от 1 до 30 м. За период 2005-2019 гг. частота встречаемости на этом участке изменялась от 72,1 до 95,4%. В 2019 г. частота встречаемости морских ежей составляла 83,2% (в 2014 г. – 87,9%, в 2012 г. – 82,2%; в 2010 г. – 77,4%). В 2023 г. частота встречаемости морских ежей на этом участке составляла 82,3% (см. рис. 2).

Второе промысловое поселение находится на участке: с. Красноярское - м. Старомаячный (II участок). В 2019 г. на этом участке частота встречаемости составила 83,6%. Частота встречаемости морских ежей составляла в 2009 г. – 68,8%, в 2007 г. – 41,1%, в 2006 г. – 30%. В 2023 г. частота встречаемости морских ежей составляла 62,5%. Увеличение произошло за счет обнаружения новых промысловых скоплений. В целом,

наблюдается увеличение частоты встречаемости ежей по этому участку (см. *рис 2*).

Третье промысловое поселение находится на участке побережья от м. Старицкого до м. Тихоновича (III участок). Из-за его удаленности и малой доли в формировании запаса исследования проводили периодически. В 2019 г. частота встречаемости здесь составляла 56,8% (в 2007 г. – 60,5%) (см. *рис. 3*). На северном промысловом скоплении, от м. Мунай до м. Сигнальный (IV участок), частота встречаемости составляла 63,8%.

В целом по всему западному побережью о. Сахалин отмечается увеличение частоты встречаемости морского ежа до 75,8%.

На основном промысловом участке в 2018 г. наблюдалось снижение средних размеров панциря ежей до 37,7 мм, а с 2019 г. отмечено увеличение средних размеров. В целом, за весь период наблюдений резкого снижения или увеличения среднего размерного состава морских ежей не отмечается. Он, в основном, колеблется в пределах 40-44 мм. Это свидетельствует о высокой доли молоди и пополнения (*рис. 4*).

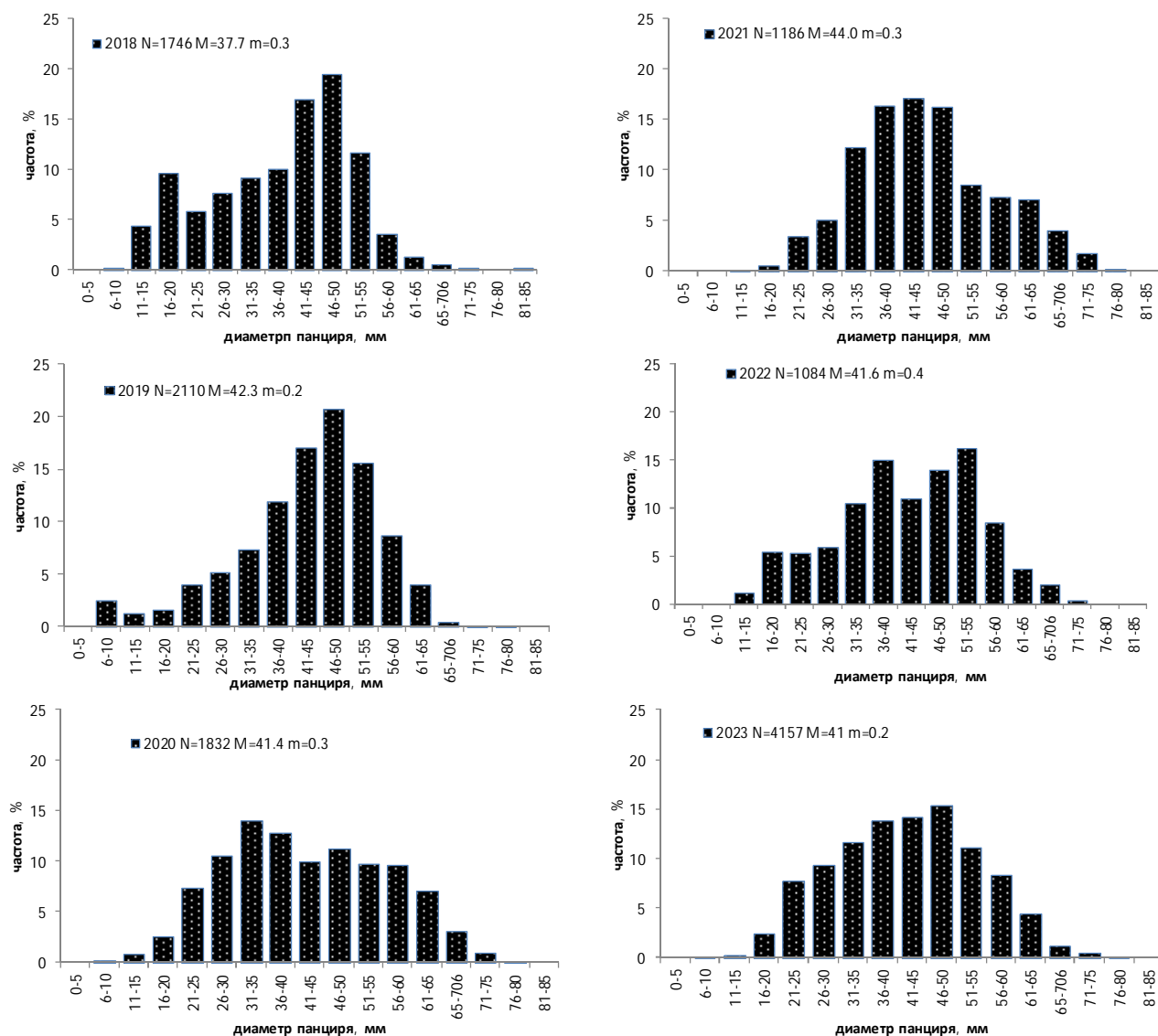


Рис. 4. Размерный состав морских ежей у Западного Сахалина по данным учетных съемок и мониторинга 2018-2023 гг.

В 2017 г. диаметр панциря варьировал от 5 до 75 мм (среднее значение составило 40,1 мм). Преобладали непромысловые особи, доля которых составляла 52,1%. В 2018 г. отмечалось снижение средних размеров ежей до 37,7 мм, и увеличение доли непромысловых особей до 63,5%. Доля молоди составляла 27,5%, доля пререкрутов с диаметром панциря от 30 до 45 мм была высокой и составляла 36,1%.

В 2019 г. отмечено увеличение среднего размера панциря до 42,3 мм. Доля молоди равна 14,3%, доля пререкрутов с диаметром панциря от 30 до 45 мм также была высокой и составляла 36,2%. Средний диаметр панциря промысловых особей составлял 51,6 мм. Масса морских ежей изменялась от 0,5 до 122 г (средняя масса равна $40,1 \pm 0,5$ г). Доля промысловых особей равна 45,1%.

В 2020 г. диаметр панциря морских ежей в уловах варьировал от 8 до 77 мм (среднее значение – 41,4 мм). Доля молоди, в сравнении с 2019 г., существенно увеличилась – до 21,4%, доля пререкрутов с диаметром панциря от 30 до 45 мм также увеличилась и составляла 36,8% (см. *рис. 4*). Средний диаметр панциря промысловых особей равен $55,0 \pm 0,2$ мм (в 2019 г. – 51,6 мм). Масса морских ежей изменялась от 0,2 до 161 г (средняя масса равна $33,4 \pm 0,4$ г). Доля промысловых особей составляла 41,7%.

В 2021 г. отмечено увеличение среднего размера панциря до 44,1 мм. Доля молоди, в сравнении с 2020 г., снизилась до 9,2%, в то же время, доля пререкрутов с диаметром панциря от 30 до 45 мм увеличилась до 45,6%. Средний диаметр панциря промысловых особей составлял $54,6 \pm 0,3$ мм (в 2020 г. – 55,0 мм). Доля промысловых особей увеличилась и составила 45,2%.

В 2022 г. диаметр панциря морских ежей в уловах изменялся от 10 до 78 мм (среднее значение – 41,3 мм). Доли молоди и пререкрутов составляли 28,6% и 26,1%, соответственно. Средний диаметр панциря промысловых особей – $53,1 \pm 0,3$ мм. Доля промысловых особей оставалась практически на одном уровне – 45,3% (в 2021 г. – 45,2%).

В 2023 г. диаметр панциря морских ежей в уловах варьировал от 7 до 76 мм (среднее значение – 41 мм). Доли молоди и пререкрутов составляли 19,7% и 39,5%, соответственно. Средний диаметр панциря промысловых особей составлял $52,7 \pm 0,3$ мм (в 2022 г. – 53,1 мм). Доля промысловых особей равна 40,8%.

В последние годы доля пререкрутов с диаметром панциря от 30 до 44 мм колебалась от 36,1 до 45,6%, она остается на высоком уровне и в среднем составляет 38,5%, что свидетельствует о постоянном пополнении популяции.

Сравнивая размерный состав промыслового морского ежа у юго-западного Сахалина в период 2019-2024 гг., можно отметить, что средние размерные характеристики промысловых особей находятся практически на одном уровне. В сравнении с 2020 г., в 2021 г. вдвое увеличилась доля промысловой размерной группы (45-50 мм) – с 7,9 до 16,7%. В 2024 г. доля размерной группы 45–50 мм, в сравнении с предыдущими годами,

увеличилась с 18,6% до 25,1%. Доля остальных промысловых размерных групп уменьшилась незначительно. В 2024 г. отмечено увеличение доли размерных групп 61-80 мм. Их совместная доля составляла 24,7%. Все это свидетельствует о стабильном пополнении и состоянии популяции (рис. 5).

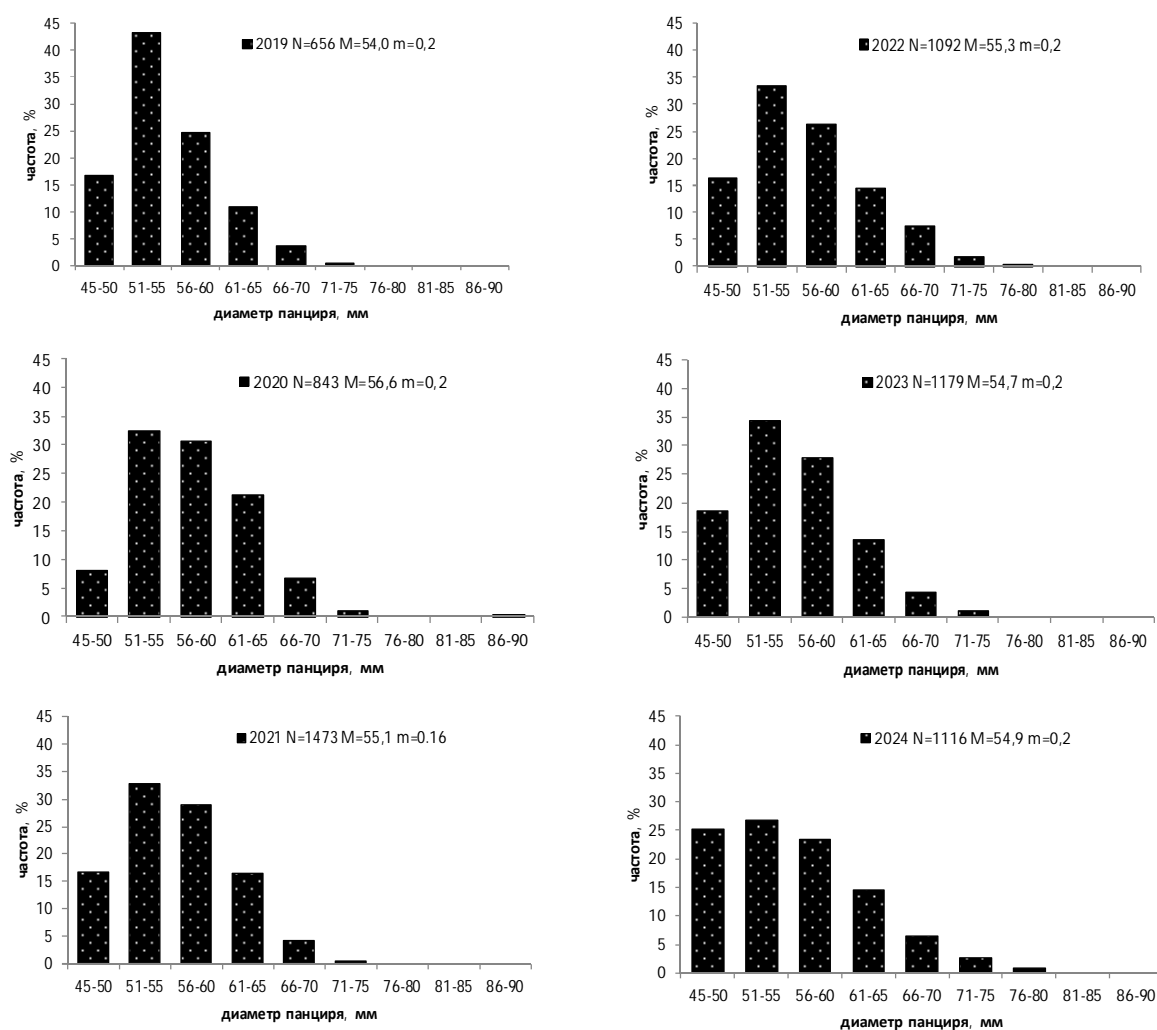


Рис. 5. Размерный состав промысловой части поселений морского ежа серого у Западного Сахалина по промысловым данным и данным мониторинга в 2019-2024 гг.

Средний диаметр панциря промысловых особей увеличивается с продвижением к северу: I участок – 51,6 мм, II участок – 53,0 мм, III участок – 56,2 мм, IV участок – 52,6 мм. Это, прежде всего, связано с тем, что промысел, в основном, ведется на I и II участках, что подтверждает и количество промысловых особей по участкам. Доля промысловых особей на I участке составляла 40%, на II участке – 51,5%, на III и IV участках – 96,9 и 83,3%, соответственно.

О влиянии промысла на структуру поселений свидетельствует соотношение промысловой и непромысловой частей группировок (рис. 6). С 2017 г. на I участке доля промысловых особей изменяется незначительно – от 36,4 до 45,3%, среднегодовая доля промысловых особей составила 41,5%. Среднегодовая доля находится практически на одном уровне, с незначительными колебаниями, что свидетельствует о хорошем состоянии

ресурса. Относительно стабильна и доля пополнения, т. е. непромысловых особей. Среднеголетняя доля непромысловых особей составила 58,4%.

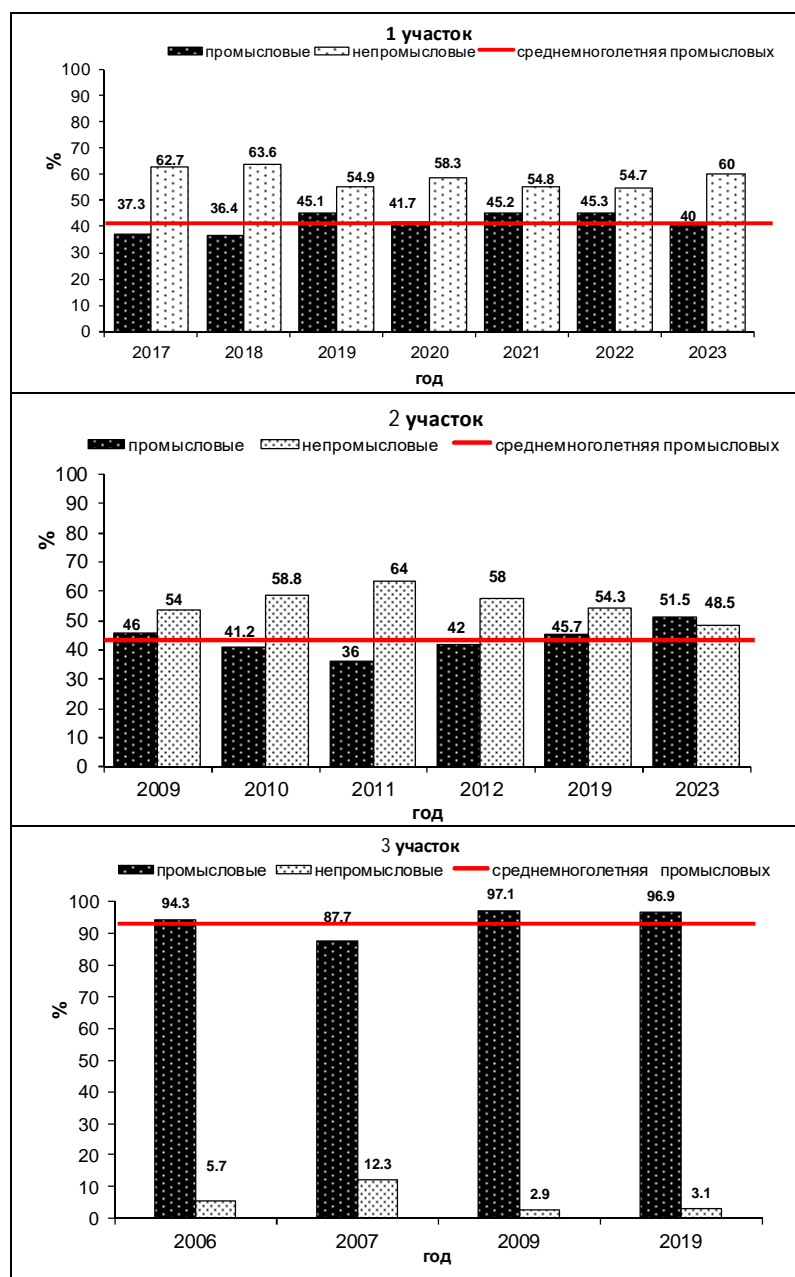


Рис. 6. Соотношение долей промысловых и непромысловых особей морского ежа серого на разных участках в 2006-2023 гг.

На II участке в 2023 г., в сравнении с 2019 г., отмечено увеличение промысловых особей на 5,8%. Доля промысловых особей изменяется незначительно (от 36 до 46%) и находится, практически, на одном уровне, что также свидетельствует о хорошем состоянии ресурса. Среднеголетняя доля промысловых особей составила 43,7% (см. рис. 6).

На III участке доля промысловых особей была наибольшей и в 2019 г. составляла 96,9%, она практически не отличалась от таковой в 2009 г. Предполагается, что из-за невысокой промысловой нагрузки, или отсутствия таковой, доля промысловых особей здесь осталась на прежнем уровне.

На вновь обследованном северном, IV участке доля промысловых

особей также была высокой и составляла 83,3%. Это свидетельствует о том, что основная промысловая нагрузка в последние годы приходилась на южные участки. На впервые обследованных северных участках побережья доля промысловых особей равна 100%.

Для популяции с проведением регулярного промысла характерно колебание среднего размера животных. В период с 2010 по 2019 гг. наблюдается варьирование средних размеров, практически, в одном размерном диапазоне – от 37 до 41 мм (рис. 7). В период 2019-2021 гг. отмечается увеличение средних размеров ежей. В дальнейшем, средние размеры находятся практически на одном уровне, в размерном диапазоне от 40 до 45 мм. У промысловых особей средние значения также колеблются в размерном диапазоне от 50 до 55 мм, что также свидетельствует о хорошем состоянии скоплений.

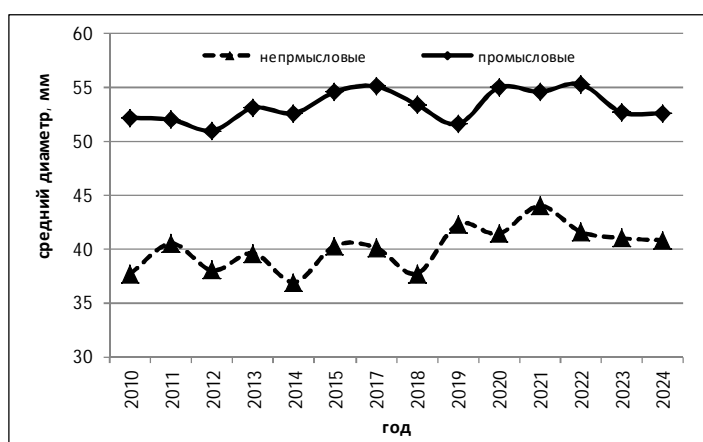


Рис. 7. Динамика среднего диаметра панциря морского ежа серого у западного Сахалина.

В 2023 г., в мае и октябре, анализировали биологическое состояние гонад морских ежей в промысловых уловах. В мае отмечался постоянный рост гонад и подготовка к нересту. Гонадный индекс изменялся в пределах 3,6-32,6 (в среднем – 18,5) (табл. 1). К июлю ГИ увеличился до 23,4.

Таблица 1

Основные биологические характеристики серого морского ежа на основных промысловых участках (I–II) юго-западного Сахалина в 2023 г.

Район	Диаметр панциря, мм <u>min – max</u> средняя	Диаметр панциря промысловых особей, мм	Диаметр панциря непромысловых особей, мм	Масса, г <u>min – max</u> средняя общая промысловых	Gi, в процентах <u>min – max</u> средняя
с. Шебунино – м. Тукотан (1 участок)	<u>7,1–76</u> 40,4±0,2	<u>45–76</u> 51,6±0,1	<u>7,1–44</u> 32,9±0,2	<u>0,3–125</u> 30±0,4 50,1±0,4	<u>0,13–35,5</u> 11,97
с. Красноярское – г. Томари (2 участок)	<u>14–76</u> 44,5±0,3	<u>45–76</u> 54,6±0,3	<u>14–44</u> 32,6±0,2	<u>1,5–157</u> 37,5±0,7 57,1±0,8	<u>1,9–31,2</u> 11,4
юго-западный Сахалин	<u>7,1–76</u> 41±0,1	<u>45–76</u> 52,7±0,1	<u>7,1–44</u> 32,8±0,2	<u>58–138</u> 55,0±1,0 60,5±1,0	<u>0,13–35,5</u> 11,8

Примечание: * - здесь и далее в числителе указан размах варьирования показателя, в знаменателе – среднее значение со стандартной ошибкой.

В октябре гонадный индекс был очень низким и в среднем составлял 5,5% (диапазон варьирования: 0,7-18,4%). Соотношение самцов к самкам было близко к 1:1,3. По данным мониторинга, в мае-июле отмечался постоянный рост гонад. В июле-августе на всех обследованных полигонах участка от с. Шебунино до м. Тукотан у ежей отмечался активный нерестовый период. У 75% особей отмечался нерест, гонады были текучими. Все это свидетельствует о растянутости нереста до 1,5-2 месяцев, о хорошем и постоянном пополнении молодь.

Оценивая репродуктивный потенциал морских ежей, можно отметить, что количество яйцеклеток, продуцируемых животными, очень велико и составляет до 25 млн яиц на зрелую гонаду [Fuji, 1960]. В конце июля 2003 г., при массовом нересте ежей, плотность личинок варьировалась от 12 до 1169 экз./м³ (составив, в среднем – 96,6 экз./м³). Личинки ежей присутствовали практически во всех пробах (88% встречаемости). Хорошие данные показала планктонная съемка 2007 г. и на северном участке, где плотность личинок варьировалась от 5 до 560 экз./м³.

При сравнении данных учетных съемок на основном (I) участке за период 2014-2023 гг., средние показатели обилия поселений морских ежей колебались в пределах 25,1-31,9 экз./м² (среднегодовое значение плотности составила 28,1 экз./м²). Средние биомассы варьировались в пределах 729,3-1121,7 г/м² (среднегодовое значение удельной биомассы составила 924,4 г/м²). В целом, за период наблюдений, резкого снижения удельных показателей обилия поселений не отмечается. В 2023 г. наблюдалось увеличение удельной плотности до 31,9 экз./м². Результаты НИР свидетельствуют о стабильности показателей обилия морских ежей на основном промысловом участке (табл. 2).

Таблица 2

Динамика плотности и удельной биомассы морского ежа на основном промысловом участке (I) у западного Сахалина в 2014-2023 гг.

участок	год	Р (экз./м ²)	В (г/м ²)	Р, (экз./м ²)	В, (г/м ²)
		min-max	min-max	средняя	средняя
с. Шебунино – м. Тукотан (I)	2014 г.	0,1–200	4,6–5923	25,1±4,7	729,3±141
	2015 г.	0,1–250	3,4–8350	25,8±4,1	864,3±152
	2017 г.	0,1–220	3,3–7745	26,2±4,2	858,1±148
	2018 г.	1–250	39,3–9030	28,6±4,5	988,0±137
	2019 г.	0,04–200	1,7–9732	30,1±4,8	1121,7±184
	2021 г.	0,2–200	4,5–8850	28,7±4,5	997,5±145
	2022 г.	0,2–210	7,1–7540	28,4±4,3	1019,5±150
	2023 г.	0,03–232	1,0–9310	31,9±4,4	817,3±144

По сравнению с другими районами западного побережья о. Сахалин, плотность и удельная биомасса в 2023 г. на участке I были наиболее высокими (табл. 3).

Таблица 3

Плотность и удельная биомасса морского ежа по промысловым участкам
у западного Сахалина, по данным учетных съемок в 2020 и 2023 гг.

Участок	Удельная плотность, экз./м ²			Удельная биомасса, г/м ²			Встречаемость, %
	min	max	средняя	min	max	средняя	
м. Богдановича – м. Тукотан (1 участок)▲	0,03	232	31,9	1,02	9310	817,3	82,2
м. Чихачева – г. Томари (2 участок)▲	0,1	85	7,6	1,4	3655	245	62,5
м. Стукамбис – м. Тихоновича (3 участок)*	0,04	16,5	2,1	1,9	1358	180,7	56,8
м. Мунай – м. Сигнальный (4 участок)*	0,04	10	2,0	1	564	118,1	63,8
Юго-западный Сахалин	0,04	200	15,8	1	9720	590,8	75,6

Примечание: * – 2020 г., ▲ – 2023 г.

В 2023 г. на I промысловом участке юго-западного Сахалина морские ежи образовывали поселения с максимальной плотностью в узком диапазоне глубин – от 0,5 до 2 м (средняя глубина – 1,4 м). В этом диапазоне глубин частота встречаемости составляла 91,1%. Средняя удельная плотность составляла 52,6 экз./м² (диапазон варьирования удельных плотностей: 0,1-232 экз./м²). Удельная биомасса изменялась от 3,05 до 9309 г/м² (средняя биомасса – 1570,3 г/м²) (рис. 8). В диапазоне глубин от 2,1 до 5 м (средняя глубина – 4,0 м) морской еж также образует значительные скопления. Частота встречаемости составляла 88,4%. Средняя удельная плотность здесь была равна 35,7 экз./м² (диапазон варьирования удельных плотностей: 0,1-152 экз./м²). Удельная биомасса изменялась от 3,1 до 4811,2 г/м² (средняя удельная биомасса – 710,3 г/м²) (рис. 8).

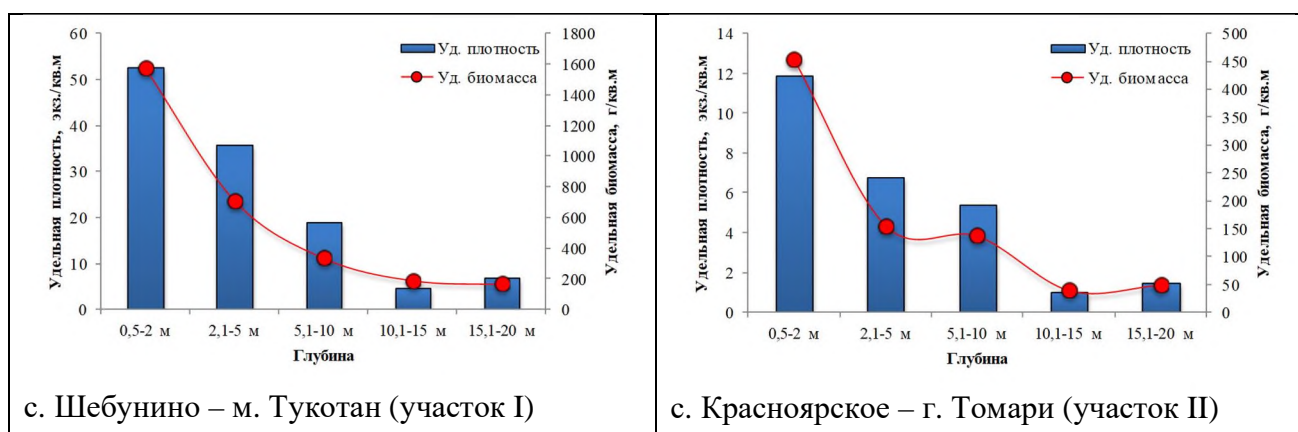


Рис. 8. Распределение удельной плотности и биомассы морского ежа серого на участках I и II по глубинам, в 2023 г.

В интервале глубин 5,1-10 м (средняя глубина – 8,7 м) частота встречаемости составляла 75,4%. Средняя удельная плотность снизилась до 18,9 экз./м² (при варьировании: 1-86 экз./м²). Удельная биомасса изменялась в пределах от 9,1 до 1552,8 г/м² (средняя удельная биомасса – 336,2 г/м²).

В диапазоне глубин 10,1-15 м (средняя – 13,7 м) частота встречаемости

составляла 66%. Средняя удельная плотность снизилась до 4,7 экз./м² (при варьировании: 0,03-30 экз./м²). Удельная биомасса изменялась от 1,02 до 1530 г/м² (средняя удельная биомасса – 190,4 г/м²). На глубинах 15,1-20 м (средняя глубина – 16,8 м) частота встречаемости составляла 90,9%. Средняя удельная плотность снизилась и составляла 6,8 экз./м² (при варьировании: 1,5-48,2 экз./м²). Удельная биомасса изменялась от 46 до 554,3 г/м² (средняя удельная биомасса – 166,3 г/м²). Аналогичная картина отмечается и на II промысловом участке.

В 2012 г. на I участке, который является основным промысловым, по сравнению с 2011 г., произошло снижение средней плотности, но она осталась на уровне 2010 г. В целом, с 2014 г. средняя удельная плотность росла (рис. 9). В 2019 г. плотности распределения ежей по станциям колебались от 0,04 до 200 экз./м², средняя удельная плотность составляла 30,1 экз./м². В 2023 г. она была равна 31,9 экз./м².

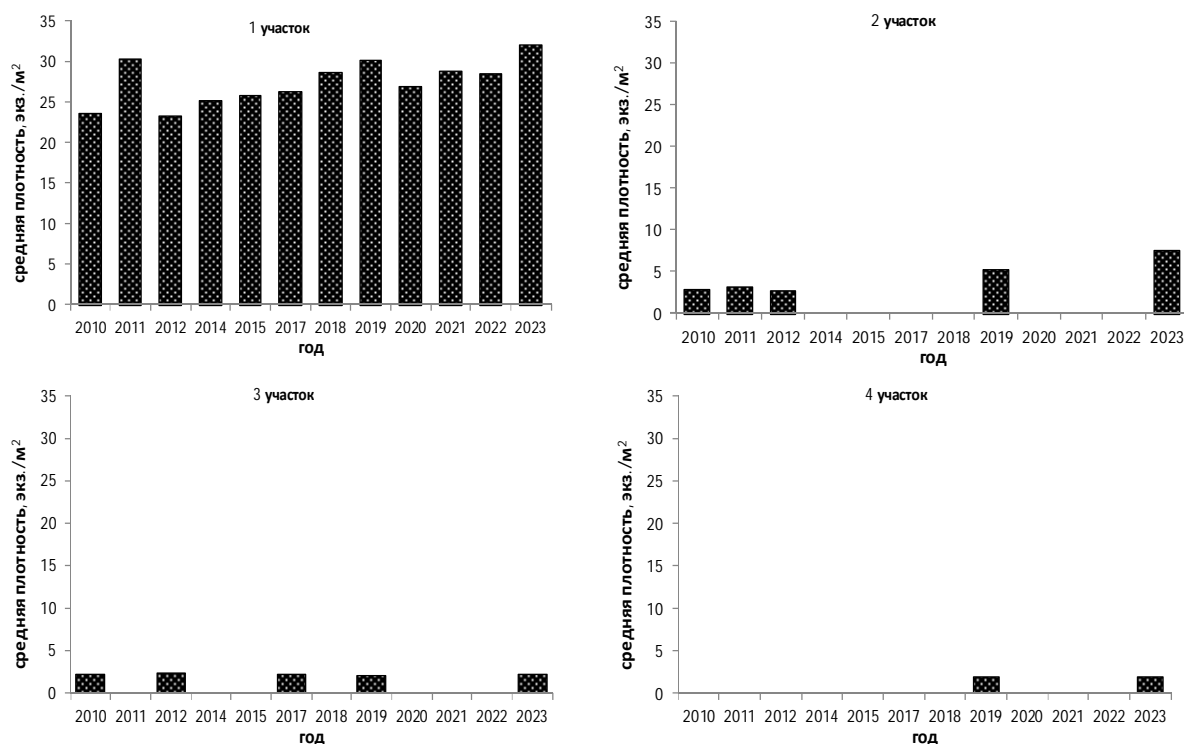


Рис. 9. Средняя удельная плотность морского ежа серого по участкам в 2010-2023 гг.: I участок – с. Шебунино - м. Тукотан, II участок – с. Красноярское - г. Томари, III участок – м. Стукамбис - м. Тихоновича, IV участок – м. Мунай - м. Сигнальный.

На II участке также отмечено увеличение промысловых характеристик скоплений. В 2019 г. удельная плотность по станциям колебалась от 0,5 до 35 экз./м², (средняя составляла 5,2 экз./м² (в 2012 г. – 2,7 экз./м²)). В 2023 г. средняя удельная плотность составляла 7,6 экз./м².

На северном, III участке плотность по станциям колебалась от 0,1 до 16,5 экз./м² (средняя по участку составила 2,1 экз./м²) и практически не отличалась от таковой в 2009 г. Удельная биомасса животных изменялась от 1,9 до 1358 г/м², средняя биомасса – 180,7 г/м² (в 2009 г. – 176,5 г/м²).

На северном, IV участке средняя плотность по станциям колебалась от

0,04 до 10 экз./м² при среднем значении – 2 экз./м². Удельная биомасса животных изменялась от 1 до 564 г/м², при среднем значении – 118,1 г/м².

На двух северных участках были самые низкие значения средней плотности, но высокая биомасса, что связано с большими размерно-массовыми характеристиками ежей, по сравнению с другими участками. Возможно, что из-за их удаленности и меньшего промыслового воздействия на них, ситуация с запасами ежей находится здесь на стабильно высоком уровне.

Результаты исследований в период 2000-2023 гг. свидетельствуют о значительных колебаниях плотности и, соответственно, общего запаса на промысловых скоплениях. Начиная с 2012 г., до 2023 г., наблюдается постепенный рост удельной плотности на участках I-II, в то время как на остальных она оставалась на том же уровне (см. *рис 9*).

Величина запаса морских ежей определена на основных промысловых участках методом площадей [Аксютин, 1970] по результатам водолазных съемок, выполненных в 2019 и 2023 гг.

По данным учетной съемки 2023 г., общая площадь поселений морских ежей составляла 13,197 млн. м². По данным съемки у юго-западного побережья о. Сахалин, общий запас равен 10,78 тыс. т, а промысловый – 7,228 тыс. т (*табл. 4*).

Таблица 4

Результаты оценки текущего состояния биомассы морского ежа серого
у Западного Сахалина в 2023 г.

Участок	S, млн. м ²	N общая (млн. экз.)	% пром. от N (экз.)	N пром. (млн. экз.)	B общ. (тыс. т)	B пром. (тыс. т)	% пром. B от общей B
I	10,447	333,259	40,0	132,303	9,997	6,615	66,1
II	2,750	20,900	51,5	10,763	0,783	0,613	78,2
Всего	13,197	354,159		143,066	10,78	7,228	67,6

I участок – с. Шебунино - с. Яблочное, II участок – с. Красноярское - м. Старомаячный,
Примечание: (N) – общая численность (штук); (N пром.) – численность промысловых особей (штук); (B) – общая биомасса (тыс. т.); (B пром.) – промысловая биомасса (тыс. т.); (% пр. от N) – процент промысловых от численности; (% пром. B от общей B) – процент промысловых от биомассы;

В 2023 г., по сравнению с 2019 г., только на I участке произошло увеличение общего запаса на 0,847 тыс. т, а промыслового – на 0,645 тыс. т, что связано с увеличением удельных плотностей и биомасс. Площадь поселений морских ежей на I участке составила 10,447 млн. м².

Также, отмечено увеличение общей биомассы на II участке на 0,276 тыс. т, а промысловой биомассы – на 0,248 тыс. т. Рост биомассы связан с увеличением доли промысловых особей, удельных плотности и биомассы.

Морской еж серый является одним из основных объектов прибрежного промысла у берегов Западного Сахалина. Промысел осуществляют водолазами в течение всего года, исключая период нереста – с июля по октябрь. Основным потребителем является Япония, где икра морских ежей –

традиционный продукт питания. Интенсивность промысла этого объекта зависит от спроса и цены на японском рынке.

Отечественный промысел морских ежей был начат в конце 1980-х годов, и до 1992 г. вылавливали порядка 50-75 тонн. С 2008 г. наблюдается рост освоения выделенных лимитов, и доля вылова не снижалась ниже 75%. С 2012 г., по официальным данным СКТУ, отмечается практически полное освоение ОДУ. Это напрямую связано с усилением контроля за деятельностью добывающих судов в районах промысла и достоверностью промысловой отчетности (табл. 5).

Таблица 5

Промысловая статистика вылова морских ежей у западного Сахалина

Год	ОДУ (выдано), т	Официальный вылов, т	Освоение ОДУ, %
2000	200	115	57,5
2001	147	147	100
2002	165	140	84,8
2003	407	178	43,7
2005	300	134,1	44,7
2006	209	36,3	17,3
2007	300	119,1	39,7
2008	127	74,5	58,7
2009	131	98,3	75
2010	131	104,5	79,8
2011	290	260,5	89,8
2012	328	319	97,2
2013	480	463	96,4
2014	500	443,2	86,6
2015	500	467	93,4
2016	532	515	96,8
2017	532	506	95,1
2018	530	529	99,8
2019	606	589	97,3
2020	639	636,5	99,6
2021	812	802,4	98,8
2022	804	803,4	99,9
2023	797	796,9	99,9
2024	787	786,2	99,9

Обобщенная информация из ИС «Рыболовство» показывает, что за последние 10 лет среднегодовой уровень освоения ОДУ составляет 96,7%. Неполное освоение объемов, прежде всего, определяется организационными, погодными причинами и спросом на японском рынке.

В ежегодном промысле принимают участие до двух-трех малотоннажных судов (типа РС-300, РШ) с бригадой водолазов из 10-14 человек на каждом судне. Основным показателем эффективности водолазного промысла является улов на усилие (улов 1 водолаза за 1 погружение, при расходе 1 акваланга).

В мае-июне 2024 г. у западного Сахалина уловы на усилие

варьировались от 61 до 219 кг. Средний улов на усилие составил 83,5 кг (82 кг – в 2023 г.). В ноябре 2024 г. уловы на усилие варьировались от 42 до 139 кг. Средний улов на усилие составил 71,5 кг (70,5 кг – в 2023 г.). В сравнении с 2022-2023 гг., уловы на усилие остались практически на том же уровне.

В осенний период средние уловы незначительно снизились. Водолазные уловы могли быть и выше, но водолаз затрачивает время на поиск и выборку ежей с нужной категорией гонад и наполняемостью. Сравнение уловов на усилие при промысле морского ежа показало, что при стандартном промысловом усилии величина уловов значительно не изменялась и составляла, в среднем, 70-90 кг (табл. 6).

Таблица 6

Уловы на усилие морского ежа серого в 2023-2024 гг.

Район	Год	Улов на усилие, кг					
		май-июнь			ноябрь		
		мин.	макс.	средний	мин.	макс.	средний
м. Богдановича – г. Томари (подзона Западно-Сахалинская)	2024	61	219	83,5	42	139	71,5
	2023	63	210	82	41	132	70,5

В первой половине 2023 г. общее время промысла с февраля по середину июля составило 55 промысловых суток. Промысловое усилие составило 88 судосутков. В первой половине года выловлено 87,5% ОДУ. По официальным данным, на промысле в 2023 г. 34 судосутков находилось 1 судно. Одновременно, 2 промысловых судна находились в районе промысла всего 12 суток, 3 судна – 7 суток. Улов всеми судами на промысле ежа колебался от 0,1 до 69,46 т (в среднем – 6,1 т/сутки). Улов на промысловое судно за сутки варьировался от 0,1 т до 34,7 т (в среднем – 3,53 т). В основном, промысел ведется на южных промысловых участках у юго-западного побережья о. Сахалин. На северных участках, выше г. Томари, из-за их удаленности (длительные переходы на судне) и, соответственно, больших затрат, промысел ведется с меньшей интенсивностью. В целом, по уловам на промысловое усилие промысловая обстановка 2024 г., практически, не отличалась от таковой в 2019-2023 гг., когда в первой половине года также было освоено 98,3% ОДУ (в 2023 г. освоено более 80% ОДУ).

Определение биологических ориентиров. Для определения ОДУ воспользовались одной из модификаций концепции «предосторожного подхода» [Бабаян, 2000]. Использовали методы анализа, основанные на результатах учетных съемок. Применяли такие биологические ориентиры, как предельная (B_{lim}), буферная (B_{buf}) и целевая (B_{tr}) биомассы.

За период наблюдений максимальная промысловая биомасса (B_{max}) составляла 7,2 тыс. т. Лимитирующая биомасса $B_{lim}=0,2(B_{max})$ составила 1,4 тыс. т. Буферная биомасса $B_{buf}=0,5(B_{max})$ составила 3,6 тыс. т. Целевая биомасса $B_{tr}=B_{MSY}=3/2B_{buf}$ составила 5,4 тыс. т. Коэффициент промысловой эксплуатации F_{lim} принимается, как равный F_{MSY} , и рассчитывается по

формуле, предложенной Caddy (1998): $F_{lim}=F_{MSY}=(0,981M-0,194M^2)=0,26$, где естественная смертность для морских ежей Сахалина равна 0,28 [Табунков, 1994]. В 2023 г. текущая промысловая биомасса (7,2 тыс. т) полностью удовлетворяла условию $B_{2023} > B_{buf} > B_{lim}$. Также, общий запас 2023 г. (10,78 тыс. т) превышает максимальные наблюдаемые уровни 2017 г. (общий запас – 7,54 тыс. т) и 2001 г. (общий запас – 6,65 тыс. т).

По результатам моделирования, прогнозируемая биомасса в 2026 г. оценена величиной $6,2 \pm 0,75$ тыс. т. Ее верхняя доверительная граница оценивается в 6,95 тыс. т и близка к прямой оценке 2023 г., которая составила 7,2 тыс. т, и полностью удовлетворяет условию $B_{2024} > B_{buf} > B_{lim}$.

Уровень состояния запаса морского ежа хороший, отсюда целевой ориентир управления промысловой смертности, согласно концепции предосторожного подхода, принимается как $F_{tr}=0,5 F_{MSY}=0,13$. Так как коэффициент промысловой эксплуатации (u) определяется от мгновенной промысловой смертности по формуле как $u=1-e^{(-F)}$ (Рикер, 1979), пришли к коэффициенту изъятия $U_{tr}=12,2\%$.

Обоснование правила регулирования промысла (ПРП). Правила регулирования промысла (ПРП) конструировали на основе модификации «предосторожного» подхода, принятого во ВНИРО [Бабаян, 2000].

Ожидаемая прогнозная промысловая биомасса, рассчитанная по модели Деризо-Шнютэ на 2026 г., составляет 6,2 тыс. т, верхний уровень ее доверительной границы – 6,92 тыс. т. Целевой коэффициент эксплуатации на 2026 г. составляет 12,2%, граничный – 25% (рис. 10). В соответствии с ПРП, рекомендуемое изъятие в этом случае должно быть не более 12,2%.

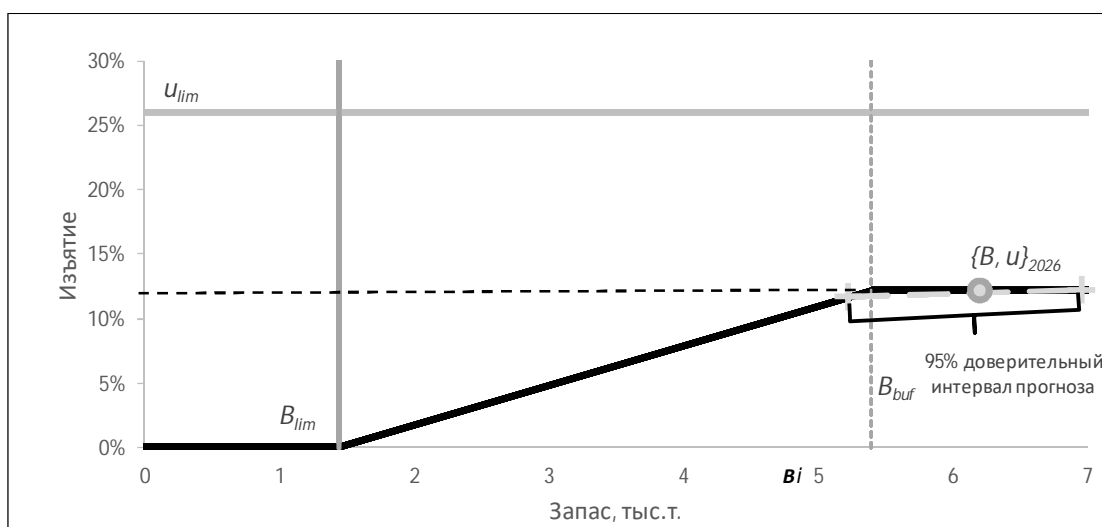


Рис. 10. Правило регулирования промысла морского ежа серого в Западно-Сахалинской подзоне.

Прогнозирование состояния запаса. За период исследований отмечено пять пиков максимальной биомассы: в 2001, 2005, 2011, 2014 и 2023 гг. Как и в предыдущие годы, после снижения биомассы в период 2006-2008 гг., наблюдается ее увеличение (рис. 11). В 2017-2019 гг. отмечается рост биомассы.

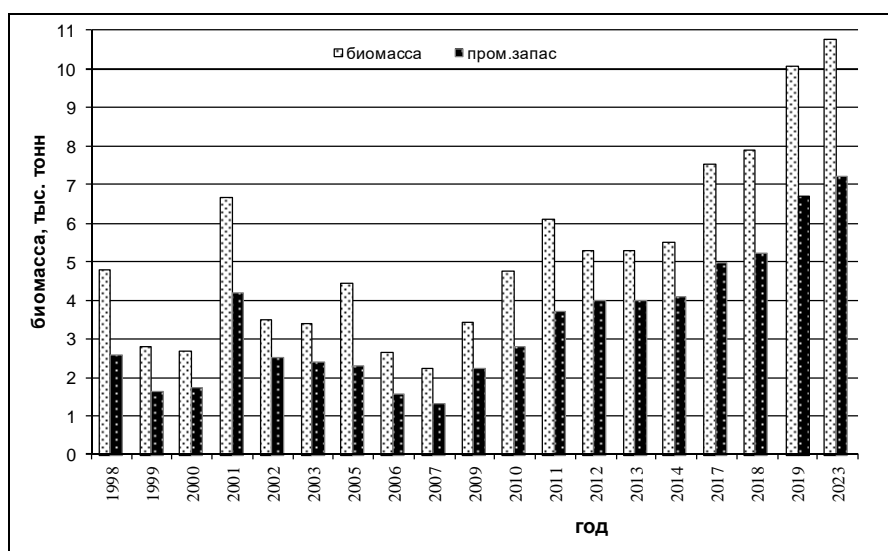


Рис. 11. Динамика общей биомассы и промыслового запаса морского ежа серого у Западного Сахалина.

Для моделирования и описания динамики промысловой биомассы использовали конечно-разностную модель с запаздыванием Деризо–Шнютэ. Зависимость запас-пополнение описывали уравнением Рикера. Прогноз по модели показывает тенденцию к увеличению промыслового запаса в период с 2010 по 2017 гг., что подтверждали прямые учетные наблюдения.

Ожидаемая в 2026 г. оценка биомассы запаса серого морского ежа находится в интервале 5,23-6,81 тыс. т, при медианном значении – 6,2 тыс. т (рис. 12).

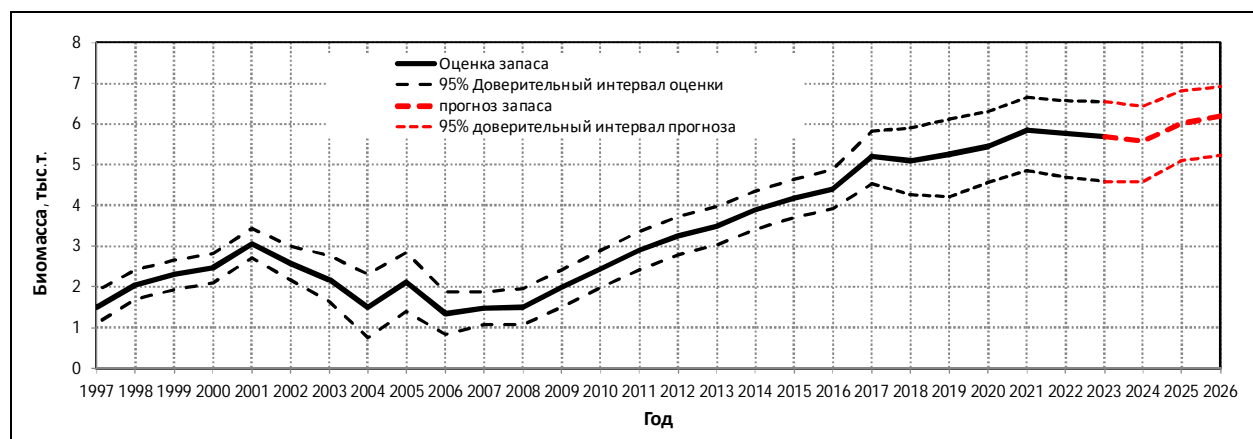


Рис. 12. Оценка и прогноз промыслового запаса морского ежа серого у Западного Сахалина, рассчитанные по конечно-разностной модели с запаздыванием Деризо–Шнютэ.

Адаптивная стратегия на постепенное повышения уловов и формирование ПРП на основе принципа предосторожного подхода показывают, что при таком подходе отмечается постепенный рост запаса, и существующий промысел не оказывает на популяцию ежей критического воздействия, при котором наблюдается резкое падение запасов. Также, не отмечается снижения уловов на усилие и промысловых характеристик скоплений.

Учитывая устойчивость размерно-массовых характеристик

промысловой части скоплений, стабильность доли промысловой части популяции и увеличение промысловых характеристик поселений, существенное и постоянное пополнение молодью, ресурсы ежей у юго-западного побережья Сахалина находятся в хорошем состоянии.

Таким образом, прогнозная ожидаемая величина промысловой биомассы морского ежа серого в 2026 г. составит 6,2 тыс. т.

Обоснование объема ОДУ. В соответствии с ПРП, рекомендуемое изъятие для всего диапазона значений составит 12,2%. Данные, на которых основан прогноз на 2026 г., получены после значительного перерыва в исследованиях, что определило значительную неопределенность прогноза. Предыдущий тренд несколько лет показывал постепенное снижение промысловой биомассы, и на основании роста одного года можно считать, что существенное увеличение ОДУ преждевременно. В связи с этим, при определении ОДУ на 2026 г. предлагается ориентироваться на медианную ожидаемую оценку прогноза, то есть, на 6,2 тыс. т. В соответствии с ПРП, рекомендуемое изъятие, в этом случае, должно быть не более 12,2%.

Учитывая адаптивную стратегию на постепенное повышения уловов и формирование ПРП на основе предосторожного подхода, при 12,2% изъятия, доля ОДУ, при использовании моделируемой медианной оценки промыслового запаса в 6,2 тыс. т, может составить 0,756 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ морского ежа серого в Западно-Сахалинской подзоне на 2026 г. в объеме 0,756 тыс. т.**

Морской ёж черный (*Mesocentrotus nudus*)

61.06. – зона Японское море

61.06.1 – подзона Приморье

Исполнитель: В.Н. Кулепанов (ТИНРО)

Куратор: А.В. Лабутин (ВНИРО)

Анализ доступного информационного обеспечения. Основные скопления морского ежа чёрного *Mesocentrotus nudus* находятся в зал. Петра Великого и к северо-востоку от мыса Поворотный, до мыса Оларовского.

Водолазные погружения осуществлялись по стандартным разрезам в прибрежных районах поселений морских ежей (рис. 1, 2). Анализировались размеры панциря (диаметр и высота), масса животных, пол и стадия зрелости гонад. на основании полученных данных определяли биомассу, численность промысловых и непромысловых особей на единицу площади.

В 2015 г. в зал. Петра Великого и северо-восточнее мыса Поворотный была выполнена 1671 водолазная станция, промерено и взято на биологический анализ 3123 экземпляров черного ежа. В 2016 г. – 1648 водолазных станций на 690 разрезах. Промерено и взято на полный биологический анализ 1990 экземпляров ежа. В 2017 г. – 499 экземпляров.

В 2018 г. в заливе Петра Великого выполнено 626 водолазных станций на 230 разрезах, промерено и взято на полный биологический анализ 1965 экземпляров. В 2019 г. были выполнены отдельные разрезы в заливе Петра Великого и северо-восточнее мыса Поворотный. В 2020 г. на участке от бух. Краковка до бух. Евстафия выполнено 644 водолазных станций, промерено и взято на полный биологический анализ 325 экземпляров. В 2021 г. на участке от мыса Поворотный до о. Опасный выполнено 69 водолазных станций, промерено и взято на полный биологический анализ 75 животных.

В 2024 г. с 16 августа по 16 сентября на прибрежной акватории от б. Рейд Паллада до б. Преображения водолажным способом, до глубины 20 м, выполнено 686 станций. Черные морские ежи встречены на 224 станциях. Промерено и взято на полный биологический анализ 477 животных.

Информационная обеспеченность прогноза соответствует второму уровню.

Обоснование выбора методов оценки запасов. Оценка запасов выполнялась традиционными методами, утвержденными в ТИНРО, как основные методы оценки численности и биомассы водных биологических ресурсов, величины запаса и его прогноза, оценки возможной доли изъятия [Основные методы оценки..., 2013], включая метод площадей [Аксютин, 1968]. Статистическую обработку полученных данных проводили с применением статистических программ (STATISTICA, Microsoft Excel).

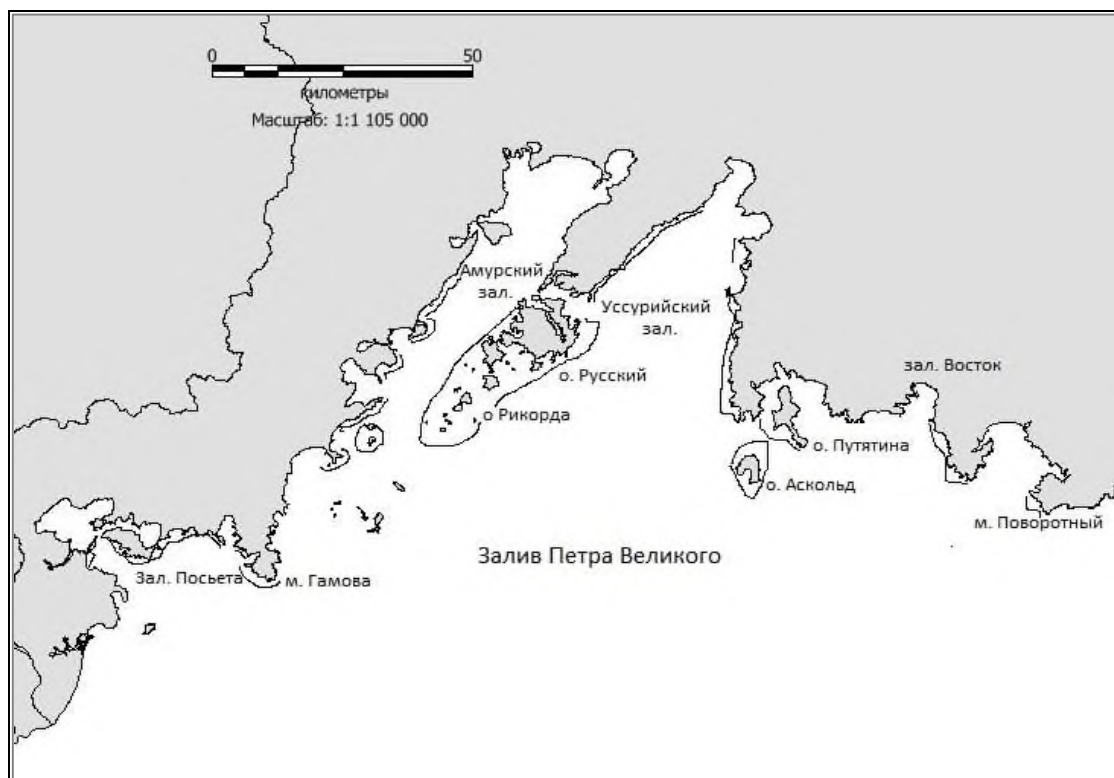


Рис. 1. Районы исследования морского ежа черного в зал. Петра Великого.



Рис. 2. Районы исследования морского ежа черного к северо-востоку от мыса Поворотный.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Отечественный промысел морского ежа черного начал активно развиваться в середине 90-х годов прошлого столетия. Динамика добычи морского ежа черного в последние годы в прибрежье Приморья представлена в *таблице 1*.

В подзоне Приморье вылов морского ежа черного в 2023 и 2024 гг. проводили два предприятия. На основе анализа работы их судов, средний суточный вылов составил 0,6 т.

Таблица 1

Добыча морского ежа черного у побережья Приморья, т сырца
(по данным Приморского территориального управления Росрыболовства)

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ОДУ, т	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420
Объем добычи, т	298,2	269,5	249,9	223,1	365,8	280,4	325,8	298,4	164,78	189,25
Освоение ОДУ, %	71	64,2	59,5	53,1	87,1	66,8	77,6	71,0	39,2	45,0

В 2016 г. на акватории от мыса Поворотный до мыса Разградского средняя плотность поселения черных ежей составляла 1,3 экз./м², биомасса – 141 г/м². Плотность скоплений промысловых ежей варьировала от 0,16 до 4,4 экз./м², а биомасса – от 11 до 393 г/м². В пробах преобладали животные промыслового размера – 1,2 экз./м², плотность поселения непромысловых особей – всего 0,07 экз./м², их размеры, в основном, составляли 30-50 мм. Молодь размером менее 30 мм встречалась единично. Наибольшая средняя плотность поселения черных ежей установлена для района от мыса Поворотного до Скал Крейсер – 2,1 экз./м², на остальных промысловых участках средняя плотность животных составляла около 1 экз./м².

В заливе Петра Великого в 2016 г. размеры ежей в пробах варьировали от 9 до 80 мм, при среднем – 51,6 мм. Модальную группу составляли ежи размером 60-70 мм. Доля промысловых ежей – 65%, средний размер – 62 мм.

В 2017 г. в зал. Петра Великого по всему исследованному району (кроме о. Аскольд) размеры ежей в пробах варьировали от 6 до 85 мм, при среднем – 45,4 мм. В пробах преобладали особи непромысловых размеров (рис. 3). У о. Аскольд размеры ежей в пробах варьировали от 8 до 75 мм, при среднем – 54,4 мм. Преобладали промысловые ежи (73,2%). Модальную группу составляли ежи размером от 54 до 64 мм (46%). В сравнении с предыдущими годами, в размерном составе поселений ежей не выявлено существенных изменений. В 2017 г. исследования в районе от мыса Поворотный до мыса Овсянкина проводили только на отдельных участках.

В 2018 г. увеличилась доля особей непромысловых размеров. Если в 2017 г. она составляла 48,5%, то в 2018 г. – 56,8%. На 45% станций плотность непромысловых ежей была меньше 1 экз./м², на остальных станциях варьировала от 1 до 5 экз./м², максимальное обилие ежей наблюдалось севернее мыса Гамова и у южной части о. Путятина (9 экз./м²).

В 2020 г. промысловые черные ежи были распространены вдоль всего побережья от бух. Краковка до мыса Разградского. Средняя плотность морских ежей составляла 0,77 экз./м², при биомассе – 172 г/м². Максимальная плотность особей промысловых размеров зафиксирована у восточного побережья бух. Каплунова: до 8 экз./м². На остальных станциях плотность ежей, в основном, не превышала 1 экз./м². Севернее мыса Разградского ежи встречались единично. Преобладали особи промысловых размеров (рис. 3).

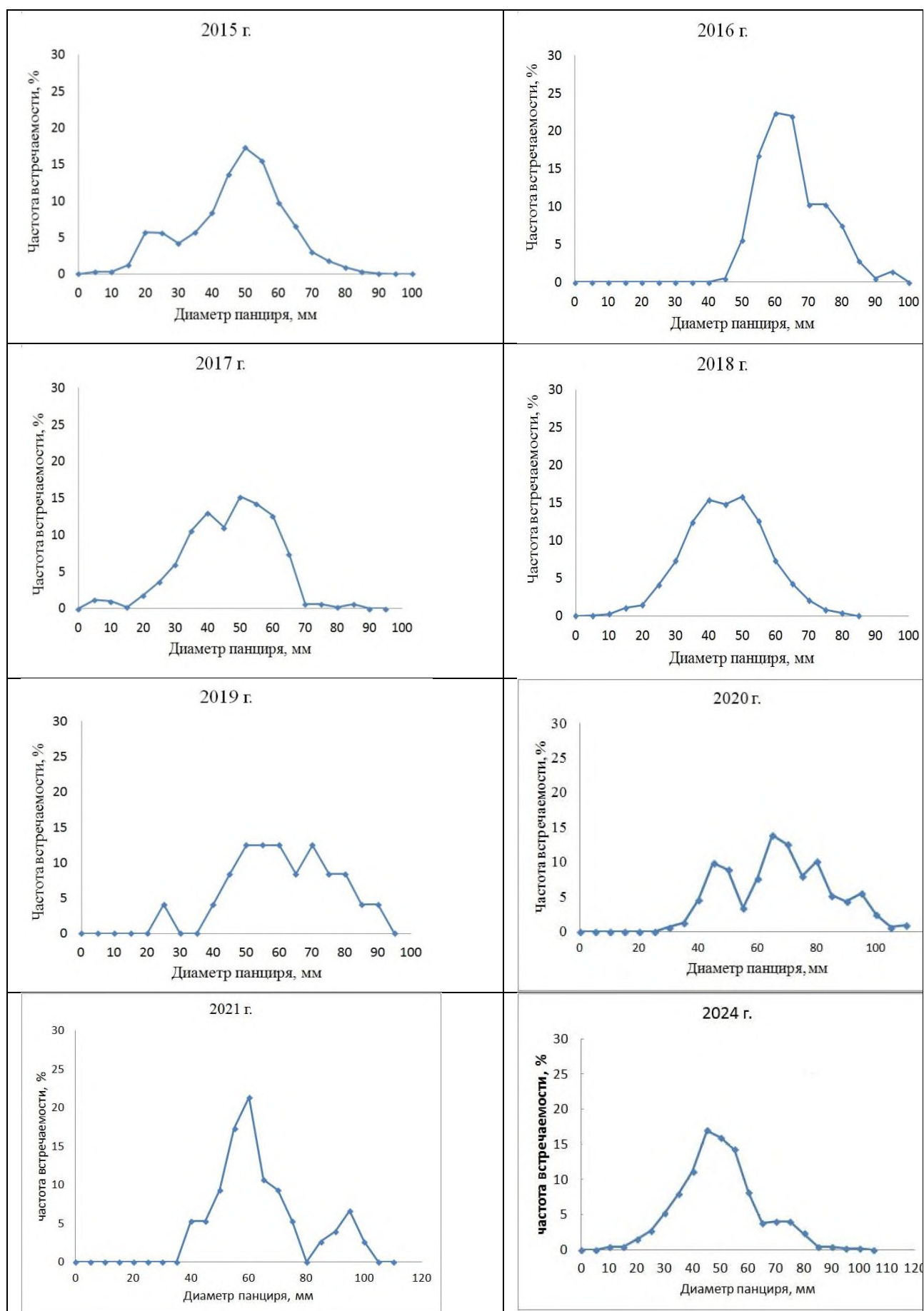


Рис. 3. Размерная структура поселений морского ежа черного в 2015-2024 гг.

В 2021 г. плотность поселений морских ежей варьировала от 0,01 до 6 экз./м², средняя плотность составляла 1,4 экз./м²; биомасса варьировала от 1,74 до 430,5 г/м², средняя биомасса – 122,2 г/м². В выборках отсутствовали особи менее 40 мм.

В 2022 и 2023 гг. исследования по морскому ежу черному в прибрежье Приморья не проводились.

В августе 2023 г. в Приморье прошел тайфун Ханун. Количество осадков за месяц составило 14591 мм, что превышает исторический максимум 1936 г. Паводки наблюдались на большинстве рек Приморского края. Морской ёж черный относится к стеногалинным видам и распреснение морской воды в прибрежной зоне могло неблагоприятно сказаться на выживаемости как личинок, так и взрослых особей.

В 2024 г. в заливе Петра Великого плотность черного морского ежа изменялась от 0,01 до 7,0 экз./м², в среднем составляла 1,69 экз./м². Биомасса варьировала от 0,49 г/м² до 279,5 г/м², в среднем – 68,7 г/м². В районе от м. Поворотного до бух. Преображения плотность морских ежей изменялась от 0,01 до 4,0 экз./м². Биомасса колебалась от 0,95 г/м² до 302 г/м², в среднем составляла 56,11 г/м².

Размеры морских ежей варьировали от 10 до 103 мм. Преобладали животные промысловых размеров. Наиболее часто встречались особи размерами 50-55 мм (30,2% выборки). Доля ежей непромысловых размеров составляла 46,3 %.

Прогнозирование состояния запаса. На основе полученных данных был оценен промысловый запас морского ежа черного в районах северо-восточнее мыса Поворотный и в заливе Петра Великого. Данные съемки 2024 г. представлены в сравнении с предыдущими годами (таблицы 2 и 3).

Съемка 2024 г. показала, что промысловые запасы черного ежа в прибрежье Приморья снизились в некоторых районах. Так, снижение обнаружено на акваториях от м. Поворотный до о. Скала Крейсер, и от м. Обручева до м. Разградского. На некоторых обследованных акваториях снижения плотности и биомассы ежей не отмечено, а на других участках выявлено увеличение запасов (м. Крутая Скала – м. Овсянкина). Возможно, это связано с тем, что участки, где отмечено снижение запасов, активно эксплуатируются, а на участках, где есть промысловый запас, добыча не ведется. По данным водолозной съемки промысловый запас в 2024 г. северо-восточнее м. Поворотный оценен в объеме 1016 т. Следует отметить, что не проводилась съемка от мыса Заповедный до мыса Крутая Скала и севернее мыса Овсянкина. На этих участках, по данным предыдущих исследований, промысловые запасы морского ежа черного составляли до 270 т.

Таблица 2

Средняя плотность, биомасса и промысловые запасы морского ежа черного
в районах от м. Поворотного до м. Красный

Район	Площадь твердых грунтов, км ²	2013 г.			2014 г.			2017 г.			2021 г.			2024 г.		
		Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м	Запас, т
м. Поворотный – Скалы Крейсер	3,1	0,9	104,8	326	1,76	159,4	491	1,8	175	543	1,8	178	552	1,1	77,3	240
Скалы Крейсер – мыс Сысоева	1,9	1,4	151,7	220	0,81	86,2	162	0,9	87	165	0,9	83	158	1,0	86,1	171
мыс Сысоева – мыс Якимова	2,7	1,1	135,6	382	0,86	97,3	265	1	117	316	1	117	316	1,61	147,9	399
мыс Обручева – мыс Разградского	1,1	1,4	209	224	0,76	98,9	112	1	139	153	1	139	153	0,17	40,7	45
мыс Заповедный – мыс Крутая Скала	1,3	1,3	201,0	260	0,45	132	173	0,3	96	125	0,3	96	125	-	-	-
мыс Крутая Скала – мыс Овсянкина	2,7	1,2	226,9	135	0,4	67,2	184	0,2	45	123	0,2	45	121	0,23	59,61	161
мыс Овсянкина – мыс Красный	2,7	0,1	29,8	30	0,1	31,8	87	0,05	25	68	0,05	25	68	-	-	-
Севернее мыса Красный	4,8	0,05	7,3	23	0,006	2,04	43	0,005	2	40	0,005	2	40	-	-	-

Таблица 3

Средняя плотность, биомасса и промысловые запасы черного морского ежа
в районах зал. Петра Великого

Район	Площадь твердых грунтов, км ²	2013 г.			2014 г.			2017 г.			2018 г.			2024 г.		
		Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Запас, т
Зал. Посыета –п-в Ломоносова	2,6	2,6	145,0	202	2,0	255,5	770	1,1	74,8	1060	2,3	54,9	127	1,93	178,4	464
О-ва Русский, Попова, Рейнеке	6,3	2,7	156	524	3,5	120,1	510	1,19	72,9	250	0,61	36,9	229	1,21	68,8	427
Уссурийский залив	3,2	2,5	150,9	257	1,0	210,1	220				5,7	173,9	539	-	-	-
О. Аскольд	1,2							4,4	393	480				=	-	--
Восточная часть зал. Петра Великого	21,6	2,9	205,2	1817	2,6	168,1	1000	1,79	122,4	1190	2,0	145,5	1470	0,87	75,5	763

В зал. Петра Великого сосредоточены основные скопления морских ежей. В 2017 г. состояние поселений черных морских ежей было исследовано в шести районах: зал. Посыета у южного побережья п-ова Гамова, у северного

побережья о. Русский (мыс Створный - мыс Безымянный), бух. Алексеева (о. Попова), акватории от мыса Льва до бух. Бойсмана, о. Стенина и о. Аскольд.

Данные 2018 г., показывают, что в некоторых районах произошло увеличение плотности и биомассы непромысловых ежей (северное побережье у о. Русский, район мыс Льва - бух. Бойсмана, у о. Аскольд).

С 2020 по 2023 гг. исследований скоплений морского ежа черного в зал. Петра Великого не проводилось.

Средняя плотность, биомасса поселений и промысловые запасы черного ежа в заливе Петра Великого в 2024 г., в сравнении с предыдущими годами, представлены в *таблице 3*. Снижение запасов отмечено в восточной части залива Петра Великого (участки от мыса Майделя до мыса Поворотный). Снижение может быть связано с несколькими факторами. Во-первых, аномальное увеличение температуры. Так, летом 2021 г. у берегов Приморья сложились аномальные океанологические условия, характеризующиеся, прежде всего, повышенной (с аномалиями до +7 градусов) температурой в поверхностном слое моря (Зуенко и др., 2022). Данная температурная аномалия могла сказаться на оседании личинок морских ежей. Также необходимо отметить, что в последнее время в заливе Петра Великого и северо-восточнее м. Поворотного ведется активное выделение рыбоводных участков для организации хозяйств марикультуры. В акватории залива Петра Великого и северо-восточнее м. Поворотный, где обитает черный морской еж, выделено более 70 участков общей площадью более 13,5 тыс. га (Постановление Правительства Приморского края от 12.05.2020 № 412-пп). На данных акваториях не ведется промысел морских ежей, тем не менее, достаточно большое количество беспозвоночных там обитает и не учитывается при оценке запасов.

В 2024 г. не оценивался запас у восточного побережья Уссурийского залива, в прибрежной зоне малых островов (о-ва Кротова, Моисеева, Желтухина), у о-вов Путятина и Аскольд, а также в прибрежной зоне зал. Славянка. С учетом этих акваторий промысловый запас морского ежа черного в заливе Петра Великого снизился с 2845 т до 2471 т.

Плотность и биомасса черных морских ежей непромысловых размеров, по данным съемки 2024 г., была на уровне среднемноголетних значений (*рис. 4*).

Из рисунка видно, что средние плотность и биомасса мелкоразмерных животных в 2024 г. не выходила за крайние значения. Таким образом, можно утверждать, что потенциал пополнения промысловой части популяции находится в стабильном состоянии.

На основе проведенной съемки 2024 г., в исследованных районах промысловый запас морского ежа черного в заливе Петра Великого оценен в объеме 2471 т. Северо-восточнее мыса Поворотный промысловый запас оценен в 1286 т.

Учитывая среднемноголетние оценки запаса морского ежа черного в зал. Петра Великого и северо-восточнее мыса Поворотного и снижения его в 2024 г., можно прогнозировать, что общий запас в подзоне Приморье (южнее

мыса Золотой) на 2026 г. будет составлять от 3,8 до 3,9 тыс. т, промысловый запас составит от 3,6 до 3,8 тыс. т, в среднем – 3,7 тыс. т на площади 55,2 км².

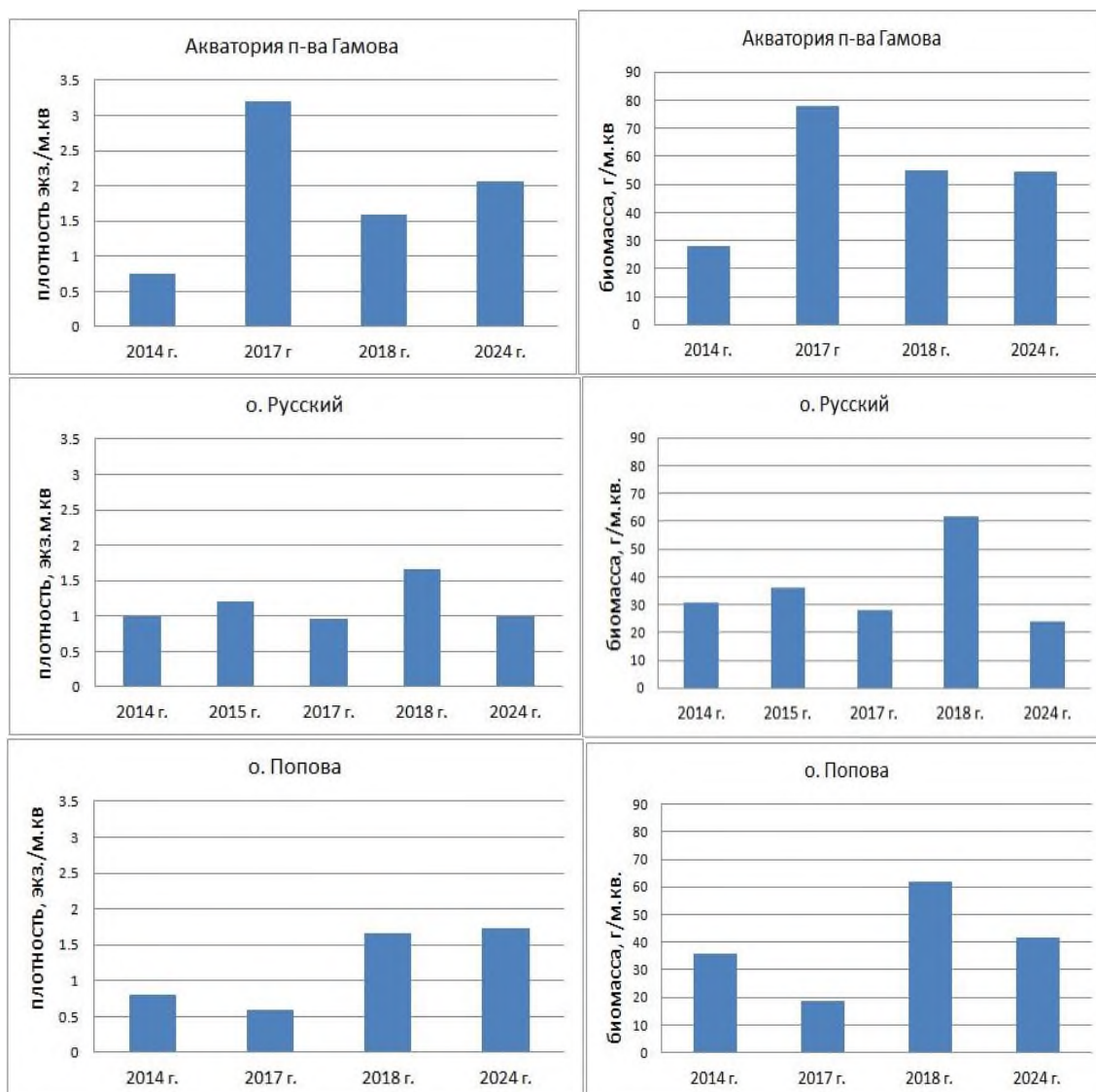


Рис. 4. Средняя плотность и биомасса поселений морского ежа черного по районам в период 2014-2024 гг. (залив Петра Великого).

Определение биологических ориентиров. Биологические ориентиры определены на основании «предосторожного» подхода [Бабаян, 2000] для объектов с удовлетворительным информационным обеспечением, исходя из данных о динамике запаса. Целевой ориентир установлен на уровне верхней доверительной границы максимального значения промыслового запаса (рис. 5). Граничный ориентир, соответственно – на уровне нижней доверительной границы минимального значения запаса.

Принятые биологические ориентиры требуют корректировки, и в последующем будут уточняться.

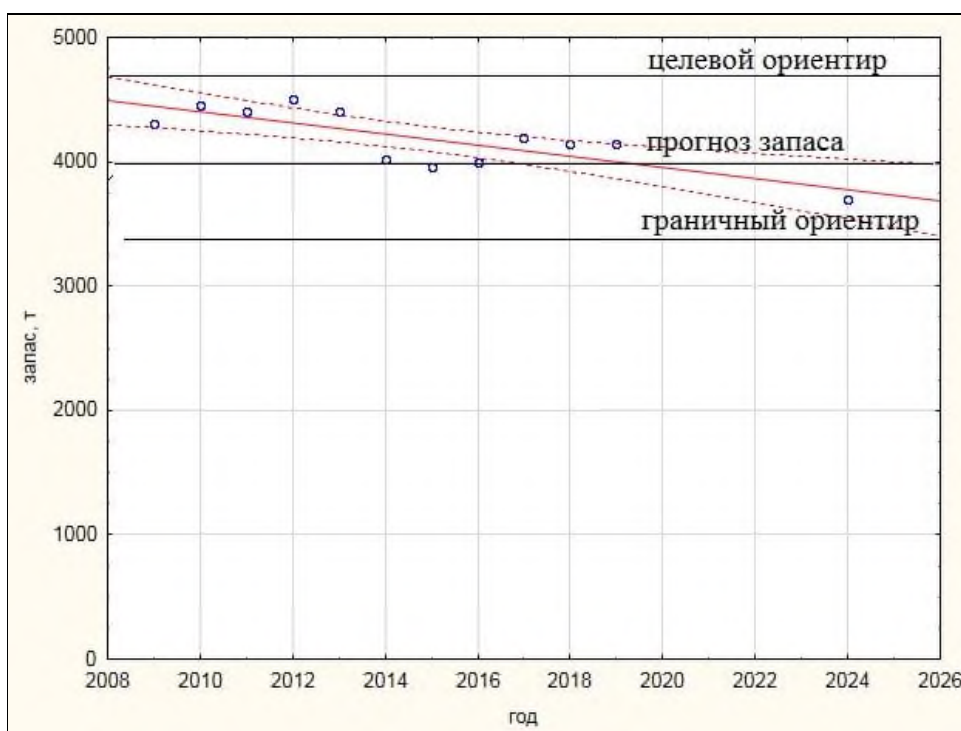


Рис. 5. Схема определения биологических ориентиров и прогнозирования промысловых запасов черного морского ежа в прибрежье Приморья. Точками обозначены показатели промыслового запаса, наклонной прямой – линия регрессии промыслового запаса, дугами – верхние и нижние доверительные интервалы.

Обоснование объема ОДУ. Согласно сложившейся практике, к добыче рекомендуется 10% от промыслового запаса.

Согласно сложившейся практике, к добыче рекомендуется 10% от прогнозируемой величины промыслового запаса на 2026 г. (3,7 тыс.т), т.е. для подзоны Приморье ОДУ морского ежа черного на 2026 г. может составить 0,37 тыс. т.

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ морского ежа черного в подзоне Приморье на 2026 г. в объеме 0,370 тыс. т.**

ВОДОРΟΣЛИ

Бурые водоросли

Ламинарии (виды рода *Laminaria*)

61.06 – зона Японское море

61.06.1 – подзона Приморье

Исполнитель: В.Н. Кулепанов (ТИНРО)

Куратор: Н.В. Евсеева (ВНИРО)

Бурая водоросль ламинария японская – вид, продолжительность жизни которого два года. Промысловыми являются растения второго года вегетации, достигающие максимальных размеров и накопления питательных веществ в июне-августе. Заросли имеют мозаичный характер, приурочены к открытым скалистым участкам побережья, расположены неравномерно, поэтому необходимы мониторинговые исследования всего побережья.

Анализ доступного информационного обеспечения. Источником данных к прогнозу являются НИР, проведенные в 2015-2024 гг. в подзоне Приморье от мыса Поворотный до мыса Золотой (табл. 1). Информационная обеспеченность прогноза соответствует III уровню.

Таблица 1

Объем материала, собранного в период с 2015 по 2024 гг.

Год	Кол-во разрезов	Кол-во станций	Кол-во взятых проб макрофитов со станций, где были встречены водоросли
2015	690	1648	360
2016	419	1257	300
2017	-	656	263
2019	295	690	168
2020	-	644	31
2021	-	307	88
2024	-	239	252

Обоснование выбора методов оценки запаса. Оценка запасов выполнялась традиционными методами, утвержденными в ТИНРО 29 марта 2013 г., как основные методы оценки численности и биомассы водных биологических ресурсов, величины запаса и его прогноза, оценки возможной доли изъятия [Основные методы оценки..., 2013], включая метод площадей [Аксютин, 1968]. Статистическую обработку полученных данных проводили с применением статистических программ и геоинформационных систем (STATISTICA, Microsoft Excel, MapInfo).

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла. Промысел

ламинарии проводится с 1 июня по 30 сентября, в период наибольшей биомассы водорослей. В зависимости от состояния зарослей ламинарии, на основании рекомендаций научных рыбохозяйственных организаций, сроки запрета добычи водорослей в конкретных районах промысла могут быть смещены на срок не более одного месяца, при условии сохранения общего количества промысловых дней. Добыча растений возможна с использованием канзы и при помощи водолазов. Промысел тралящими и драгирующими орудиями лова запрещен. Сбор штормовых выбросов не лимитируется. Объем добычи ламинарии в последние годы не превышал 2,0 тыс. т (табл. 2). С 2019 г. освоение ОДУ (%) приводится от величины рекомендованного объема ОДУ по подзоне Приморье, вылов осуществлялся только в прибрежье Приморского края. Промысел обычно ведут в зоне от 0,2 до 10 м.

Таблица 2

Добыча ламинарии японской у побережья Приморья, тыс. т сырца
(по данным Приморского территориального управления Росрыболовства)

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ОДУ, тыс. т	1,5	2,0	1,5	2,0	5,9*	6,4*	2,0	2,0	2,0	1,5
Объем добычи, тыс. т	0,82	0,105	1,102	0,726	0,786	1,083	1,291	1,316	1,184	0,790
Освоение ОДУ, %	55	5,3	73,6	36,4	14,6	18,7	51,6	52,6	47,4	39,5

* – подзона Приморье

Ламинария японская у побережья Приморья произрастает на глубинах от 0,2 до 27 метров, наиболее мощные заросли располагаются до глубин 6-8 м. Водоросли растут на каменистых грунтах, образуя мозаичные заросли различной плотности: от единичных растений до плотных промысловых поселений. Заросли ламинарии вместе с другими макрофитами формируют прерывистый пояс растительности, шириной до 100-200 метров. Сложная конфигурация берега и неоднородность структуры дна мелководной зоны определяют различия в условиях обитания ламинарии. В зависимости от наличия каменистых грунтов, заросли водорослей различаются по площади, обилию и протяженности занятых глубин.

Сопоставление изменчивости морфо-биологических признаков ламинарии японской и эколого-географических условий произрастания вида позволяет разделить побережье Приморья на три статистических района с различными гидрологическими и температурными условиями произрастания водорослей и различной площадью зарослей. I район: мыс Поворотный - залив Ольги; II район: мыс Мраморный - мыс Белкина; III район: мыс Белкина - мыс Золотой (рис. 1).

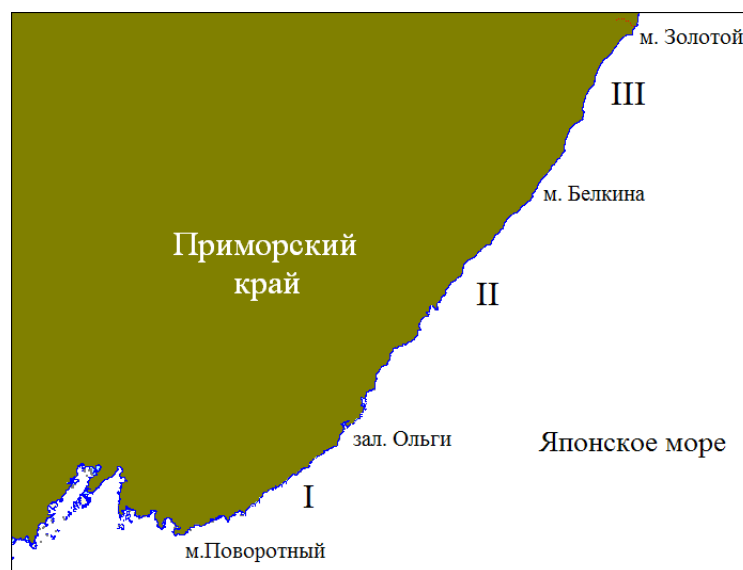


Рис. 1. Деление побережья Приморья по условиям произрастания ламинарии японской на статистические районы.

Ранее отмечена закономерность, что для четных лет характерны, как правило, высокие значения запасов ламинарии второго года вегетации (промысловый запас), для нечетных лет – низкие, так как в этот период преобладают заросли ламинарии первого года вегетации [Кулепанов, Ревенко, 2013] (табл. 3).

Таблица 3

Запасы ламинарии японской второго года вегетации (тыс. т)
у побережья Приморья в 2015-2021 гг.

Районы	2015	2017	2019	2020	2021
I	7,7	15,8	13,2	13,0	4,4
II	4,8	21,2	17,8	12,2	14,7
III	10,0	8,4	7,1	11,3	11,5
Всего	22,5	45,4	38,1	36,5	30,6

По данным исследования 2015 г., заросли ламинарии первого года вегетации, с разным проективным покрытием, произрастали практически вдоль всего побережья Приморья на подходящих грунтах. Наиболее плотные скопления отмечены у мысов Островной, Белявского, Низменный, на участках от зал. Владимира до бух. Зеркальная, от мыса Черная Скала до бух. Рудная, от мыса Сигнальный до мыса Егорова и от мыса Сосунова до мыса Бакланий. В 2016 г. эти заросли ламинарии стали промысловыми.

В 2016 г. был исследован район от мыса Поворотного до мыса Разградского. Выполнено 325 водолазных станций. Ламинария первого года вегетации встречалась на 49 станциях (15,1%), ламинария второго года вегетации – на 65 станциях (20,0%). Проективное покрытие водорослей составило 17,0% и 10,0%, соответственно.

По результатам исследований 2017 г., в целом, по частоте встречаемости преобладали растения первого года вегетации. Промысловые заросли ламинарии второго года вегетации, с проективным покрытием дна свыше 30%, были сформированы, в основном, в северных районах (мыс Сосунова - мыс Плитняк, мыс Максимова - мыс Олимпиады), а также в районах от мыса Ватовского до мыса Четырех Скал, в бух. Киевка и у мыса Лапласа. Причем, частота встречаемости первогодних растений на участках севернее мыса Белкина составляла более 50,0%.

В 2019 г. был исследован район от бух. Моряк-Рыболов до бух. Русская. Выполнено 690 водолазных станций. Ламинария первого года вегетации была встречена на 23 станциях (3,3%), ламинария второго года вегетации – на 32 станциях (4,6%). Проективное покрытие водорослей варьировало от единичных зарослей до 40,0% у ламинарии первого года вегетации (район мыса Южный), до 50,0% промысловых зарослей (района у мыса Черная Скала) (рис. 2).

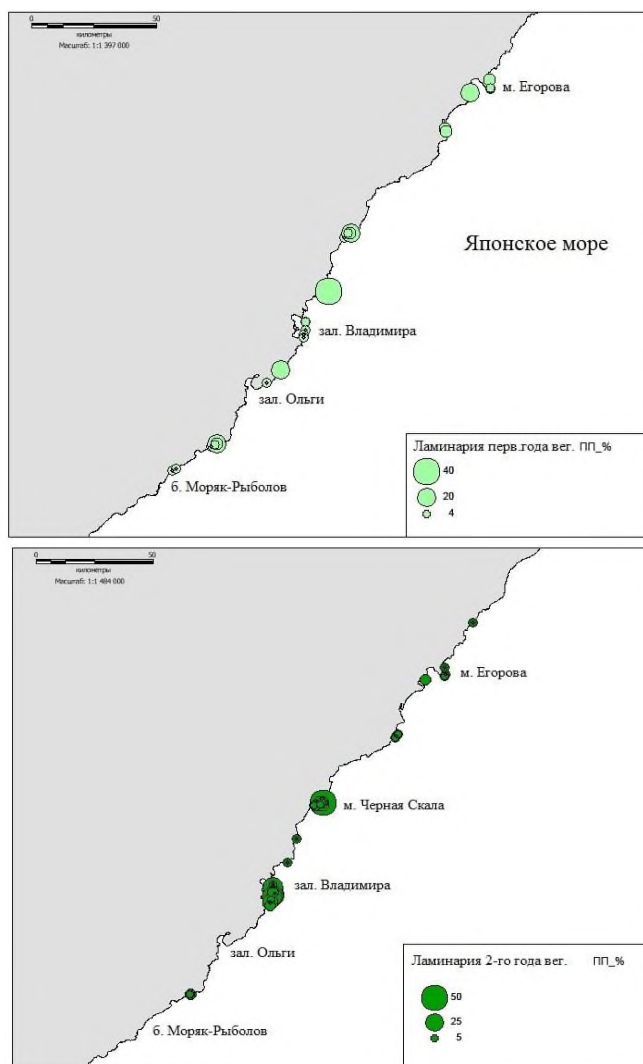


Рис. 2. Распределение зарослей ламинарии первого и второго года вегетации в районе от бух. Моряк-Рыболов до мыса Егорова в 2019 г.

В 2020 г. был исследован район от мыса Поворотного до бух. Евстафия. Водоросли встречались от бух. Краковка до бух. Евстафия. Ламинария первого года вегетации была встречена на 35 станциях, ламинария второго года вегетации – на 31 станции. Проективное покрытие водорослей варьировало от единичных зарослей до 80% у ламинии первого года вегетации (район бух. Красная Скала - бух. Немая), до 70% промысловых зарослей (район бух. Успения - о. Призма). Преобладали заросли с проективным покрытием менее 16% (рис. 3). Биомасса ламинии промысловых зарослей варьировала от 4,2 кг/м² до 25,7 кг/м², средняя биомасса – 14,9 кг/м².

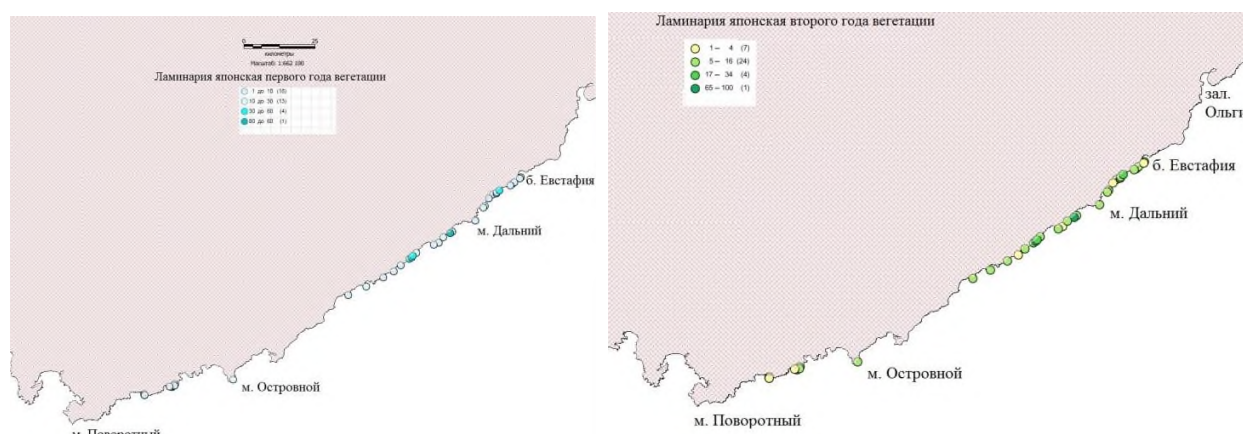


Рис. 3. Распределение зарослей ламинии первого и второго года вегетации в районе от мыса Поворотный до бух. Евстафия в 2020 г.

В 2021 г. исследованы районы от мыса Поворотный до о. Опасный, от мыса Низменный до мыса Собора, от мыса Сигнального до мыса Елагина и от мыса Сосунова до мыса Гиляк. Исследованная площадь – 12,6 км².

В 2021 г. ламинария была встречена на большей части исследованной акватории. Заросли ламинии первого года вегетации преобладали в прибрежье от мыса Поворотный до о. Опасный. Ламинии второго года вегетации – в центральных и северных районах (рис. 4).

Средняя масса, ПП и частота встречаемости ламинии первого года вегетации на твердых грунтах в 2021 г. представлены в таблице 4.

Таблица 4

Средняя масса, ПП и частота встречаемости ламинии первого года вегетации на твердых грунтах в 2021 г.

Район	ПП, %	Биомасса, кг/м ²	Частота встречаемости, %
I	21	1,451	32,2
II	7	0,227	13,4
III	7	0,203	10,8

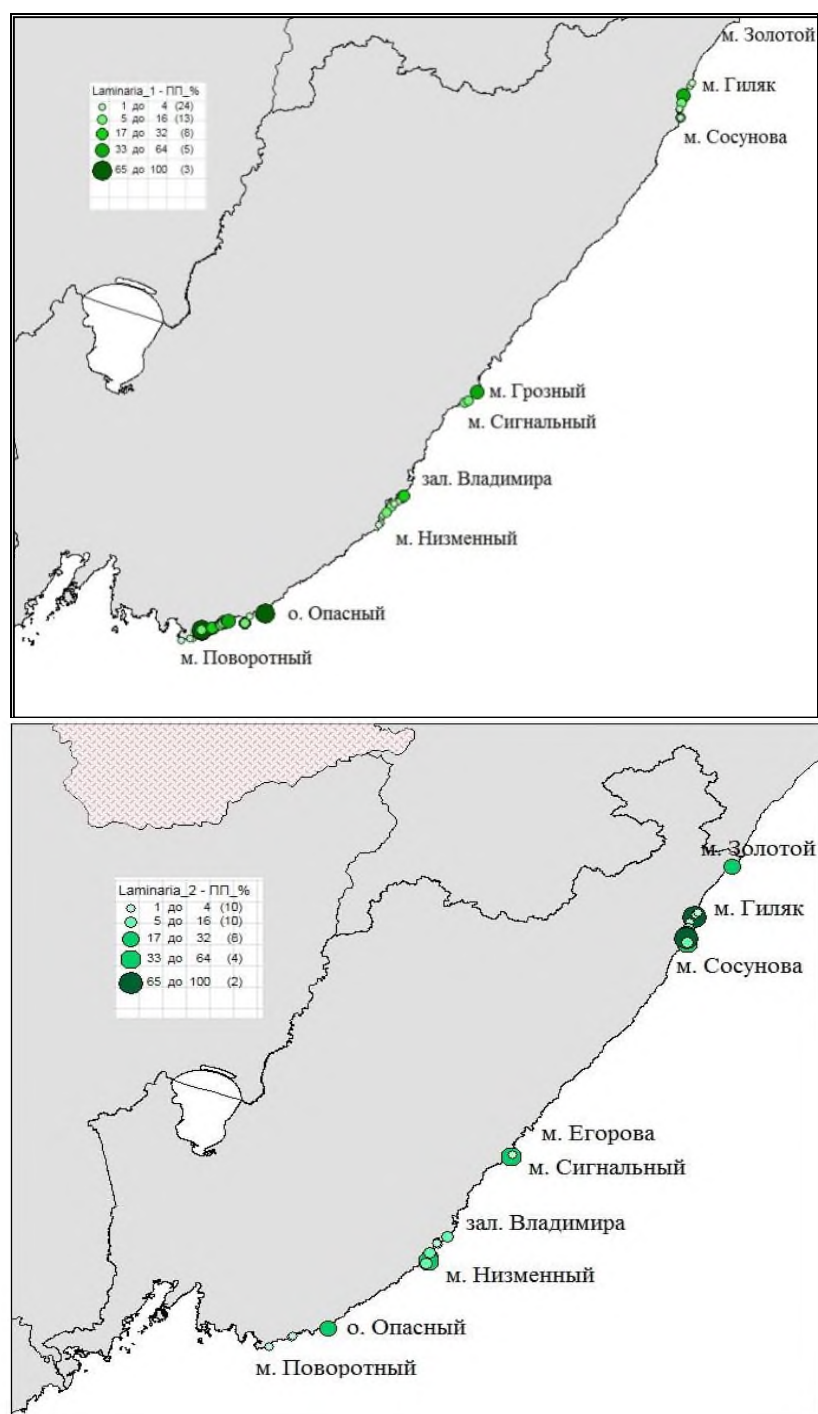


Рис. 4. Распределение зарослей ламинарии первого и второго года вегетации в прибрежье Приморья в 2021 г.

В 2022 и 2023 гг. исследований макрофитов в прибрежье Приморья не проводили. В 2024 г. водолазная съемка была проведена в августе-сентябре только в южном районе. Ламинария произрастала на исследованных акваториях от м. Поворотный до м. Овсянкина, на глубинах от 2,5 до 16 м. Преобладали заросли растений второго года вегетации (рис. 5).



Рис. 5. Распределение зарослей ламинарии второго года вегетации побережье Приморья в 2024 г.

Проективное покрытие ламинарии варьировало от единичных растений до промысловых зарослей (ПП – 60-80%). Биомасса – от 0,056 кг/м² до 13,956 кг/м², средняя биомасса – 3,735 кг/м².

Масса слоевищ ламинарии первого года вегетации варьировала от 8 до 93 г, в среднем составляла 43,3 г. Проективное покрытие водорослями на станциях изменялось от единичных растений до 50%. Водоросли встречены на 9 станциях. Таким образом, в исследованном районе сохранялась ранее отмеченная закономерность, что в четные годы преобладают промысловые заросли ламинарии.

Масса слоевищ ламинарии в 2015-2017 гг. варьировала от 45 до 1231 г, средняя масса слоевищ в эти годы изменялась от 427 до 596 г. В 2019 г. масса слоевищ ламинарии второго года вегетации варьировала от 80 до 723 г, средняя масса – 365 г. В 2020 г. масса слоевищ ламинарии второго года вегетации изменялась от 67 до 1300 г, средняя масса – 566 г.

В 2024 г. масса слоевищ второго года вегетации варьировала от 10 до 859 г, средняя масса – 180,9 г. Масса водорослей представлена на *рисунке 6*. Следует отметить, что индивидуальные массы слоевищ ниже среднеголетних.

На основе ранее полученных данных [Кулепанов, Жильцова, 2008] и оценки состояния зарослей растений первого года вегетации в 2021 г. (см. *табл. 4*), были оценены запасы ламинарии второго года вегетации в 2022 г. Они составили 15-17 тыс. т. По результатам съемки 2024 г. они остались на этом же уровне.

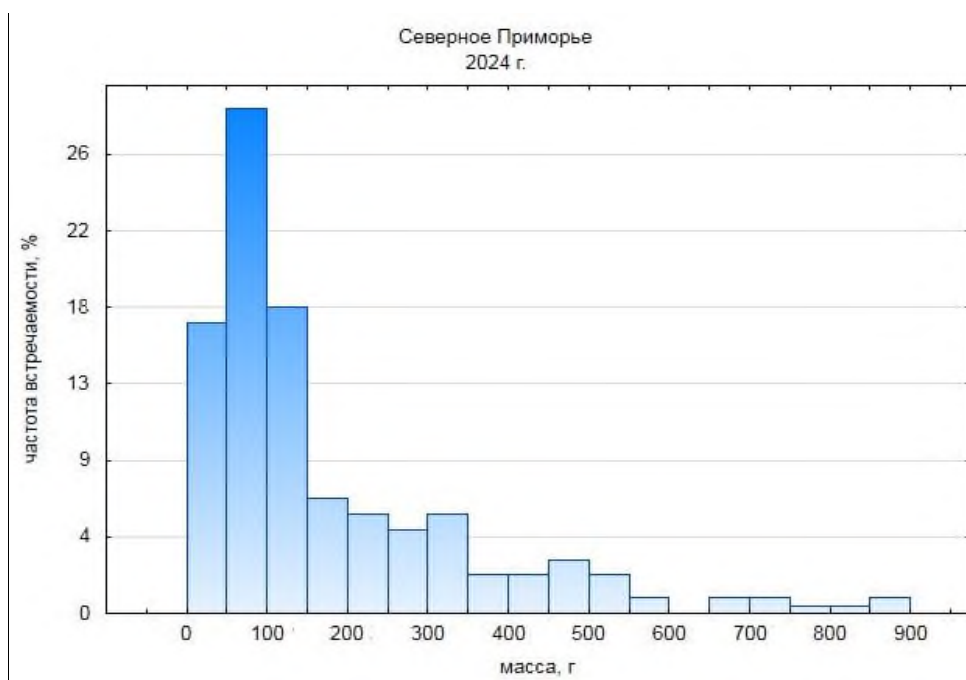


Рис. 6. Распределение массы талломов ламинарии (август, 2024 г.).

За последние 20 лет наблюдается значительная вариабельность биологических показателей (биомасса, встречаемость на станциях и ПП) (рис. 7). Снижение более заметно в южных (мыс Поворотный - зал. Ольги) и центральных районах (зал. Ольги - мыс Белкина). По оценкам съемки 2021 г., площадь промысловых зарослей составляла 7,6 км², по оценкам съемки 2024 г. – 1,6 км² (южные районы).

В августе 2023 г. в Приморье прошел тайфун Ханун. Количество осадков за месяц составило 14591 мм, что превышает исторический максимум 1936 г. Паводки наблюдались на реках Уссури, Раздольная, Арсеньевка, Илистая, Большая Уссурка, Малиновка, Бикин. Это привело к распреснению прибрежной полосы, что, безусловно, повлияло на условия спороношения ламинарии. Ламинария произрастает в местах с чистой прозрачной водой, соленостью не менее 20-32‰ [Суховеева, Подкорытова, 2006].

Учитывая данные исследований предыдущих лет, был проведен ретроспективный анализ состояния запаса и промысла ламинарии в прибрежье Приморья.

I район (мыс Поворотный - зал. Ольги). Запасы ламинарии второго года вегетации в этом районе изменяются от 2,6 до 20,0 тыс. т. Район является традиционным районом промысла, где ведется активная добыча водорослей.

II район (зал. Ольги - мыс Белкина). Запасы ламинарии второго года вегетации варьировали от 3,9 до 24,3 тыс. т. Промысел ведется севернее зал. Ольги, в прибрежье зал. Опричник.

III район (мыс Белкина - мыс Золотой). Заросли ламинарии в этом районе приурочены к каменистым участкам у мыса Олимпиады и от мыса Сосунова до

мыса Гиляк. Промысловые запасы варьируют от 3,4 до 24,5 тыс. т. Из-за отсутствия инфраструктуры промысел в этом районе ведется в небольших объемах.

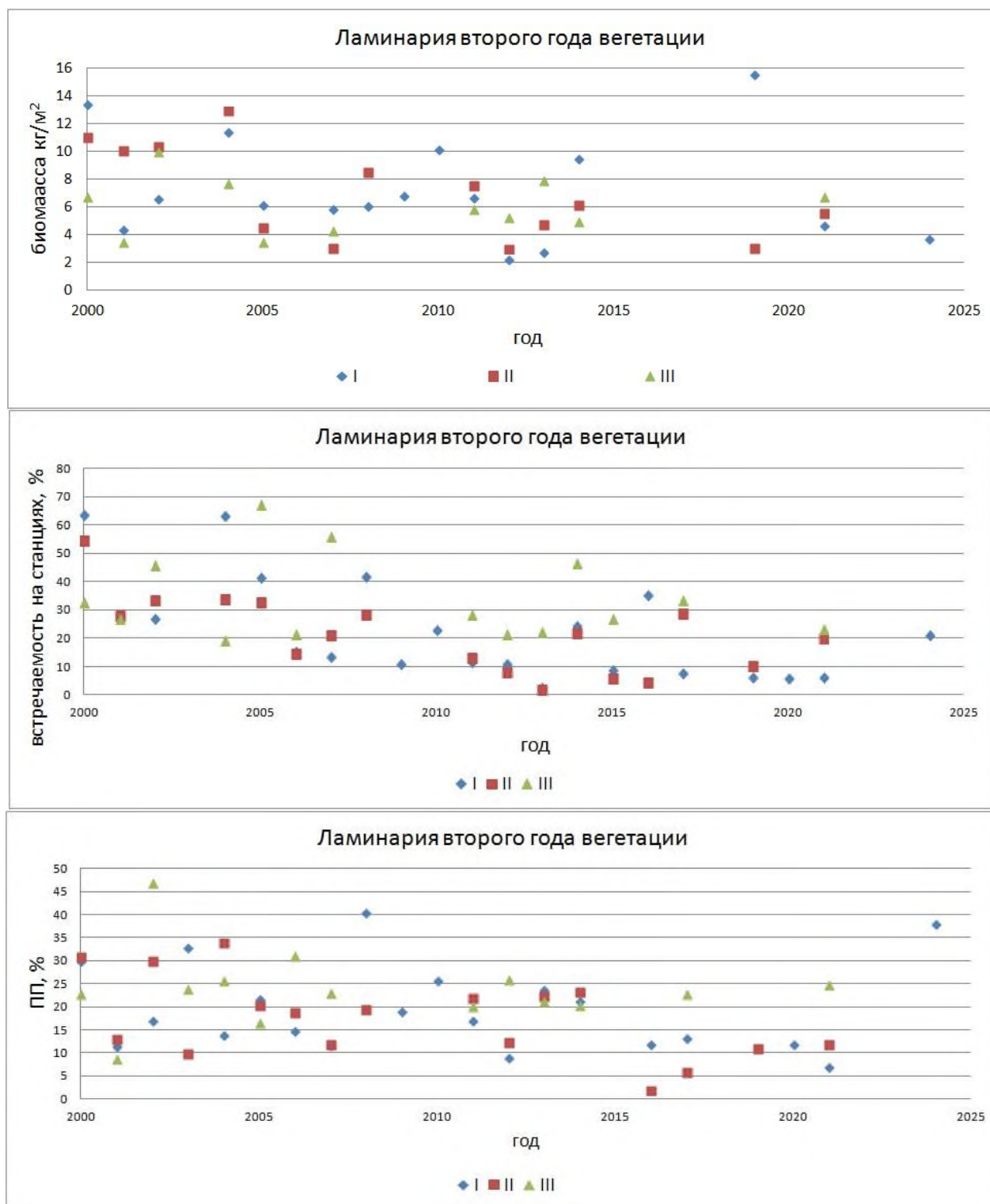


Рис. 7. Биологические показатели (биомасса, встречаемость на станциях, проективное покрытие) ламинарии второго года вегетации в прибрежье Приморья по районам (I, II, III).

Определение биологических ориентиров. Биологические ориентиры определены на основании «предосторожного» подхода [Бабаян, 2000] для объектов со слабым информационным обеспечением, исходя из данных о динамике запаса. Целевой ориентир установлен на уровне верхней доверительной границы максимального значения промыслового запаса. Граничный ориентир, соответственно – на уровне нижней доверительной границы минимального значения запаса (рис. 8). Целевой ориентир соответствует величине 56 тыс. т, граничный ориентир – 15 тыс. т.

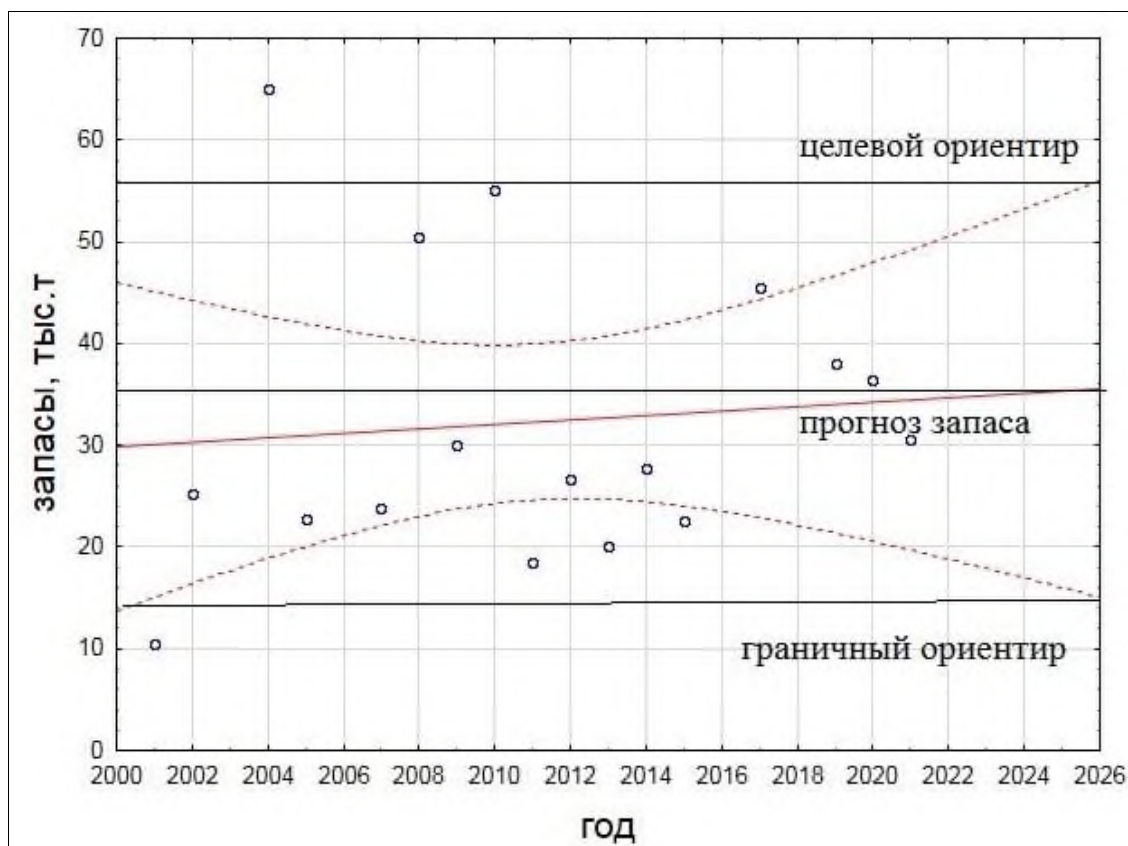


Рис. 8. Схема определения биологических ориентиров и прогнозирования промысловых запасов ламинарии в прибрежье Приморья. Точками обозначены показатели промыслового запаса, наклонной прямой – линия регрессии промыслового запаса, дугами – верхние и нижние доверительные интервалы.

Принятые биологические ориентиры требуют корректировки и будут уточняться.

Обоснование правила регулирования промысла. Для прогноза ОДУ ламинарии большое значение имеет количественное соотношение между ламинарией первого и второго годов вегетации. Соотношение близкое 1:1 говорит о стабильности состояния запасов. Количественное соотношение между зарослями разного возраста оценивали с помощью коэффициента Бродской-Зенкевича [Бродская, Зенкевич, 1939]. Исследования массовых видов макрофитов показали, что этот коэффициент объективно оценивает состояние

их зарослей [Кулепанов и др., 2023]. Однако, из-за различных условий (климатических колебаний, динамики стока пресных вод, перепадов температуры воды в прибрежье) соотношение между ламинарией первого и второго года вегетации варьирует. Отмечена вариабельность состояния зарослей по годам и по районам [Ресурсы и рациональное использование..., 2020].

Прогнозирование состояния запаса. Ламинария короткоцикловый вид, продолжительность жизненного цикла – два года, поэтому оценку запаса можно дать исходя из отмеченных тенденций состояния зарослей. В южных районах преобладали заросли растений второго года вегетации, непромысловые заросли варьировали от единичных растений до ПП – 50%. Таким образом, в 2025 г. будет обратная картина, а в 2026 г. будут преобладать промысловые заросли. Промысловый запас в подзоне Приморье южнее мыса Золотой в 2026 г. прогнозируется на уровне порядка 15 тыс. т, общий запас – 18 тыс. т. Предполагается, что в прибрежье Приморского края будут преобладать заросли ламинарии второго года вегетации. Необходимо учитывать, что наибольший промысловый прессинг приходится на I и II районы, так как здесь на побережье есть предприятия, добывающие ламинарию, базы укрытия для маломерного флота и развитая инфраструктура, позволяющие организовать добычу и переработку водорослей. В результате, заросли ламинарии, расположенные в районе от мыса Поворотный до залива Опричник, могут быть подвержены перелову, а в северных районах ресурс практически не осваивается.

Обоснование объема ОДУ. В прибрежье Приморья прослеживается значительная флуктуация промысловых запасов ламинарии. Поэтому ОДУ следует рассчитывать из того, что в первую очередь будут эксплуатироваться южные и центральные участки, где промысловый запас не превышает 15-20 тыс. т. ОДУ ламинарии на 2026 г. рекомендуется в объеме 1,5 тыс. т (10% от промыслового запаса).

Таким образом, **рекомендуется установить ОДУ ламинарий в подзоне Приморье на 2026 г. в объеме 1,500 тыс. т.**

Литература

Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях // М.: Пищевая промышленность. 288 с.

Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО. 192 с.

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И., Васильев Д.А., Ильин О.И., Ковалев Ю.А., Михайлов А.И., Михеев А.А., Петухова Н.Г., Четыркин А.А., Шереметьев А.Д. 2018. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: ВНИРО. 294 с.

Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. 2003. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. М.: ВНИРО. 80 с.

Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В. 2003. Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопросы рыболовства. Т. 4. № 1 (13). С. 157-170.

Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. 1939. Количественный учет фауны Белого моря // Тр. ВНИРО. Т. 4. С. 3-150.

Дуленина П.А. Поваров А.Ю. 2022. Кукумария японская (*Sisumaria japonica*, Semper, 1868) – перспективный промысловый вид в северо-западной части Татарского пролива (Японское море). // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана и техническое использование. Материалы XIII Национальной (всероссийской) науч-практ. конф.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 17-21.

Жариков В.В., Лебедев А.М. 2001. Промысел дальневосточного трепанга в Приморье // Вестник ДВО РАН. № 1. С. 43-56.

Зуенко Ю.И., Никитин А.А., Фигуркин А.Л., Матвеев В.И. 2022. Жаркое лето 2021 года в Приморье: марикультурные аспекты // «Морская биология в 21 веке: систематика, генетика, экология морских организмов: тезисы докладов Всероссийской конференции (памяти академика Олега Григорьевича Кусакина), 20-23 сентября 2022 г., Владивосток, Россия. Владивосток: ННЦМБ ДВО РАН. – С. 145-146.

Кулепанов В.Н., Жильцова Л.В. 2008. Прогноз промысловых запасов ламинарии японской по оценке состояния зарослей растений первого года вегетации в прибрежье Приморья // Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. – Владивосток: ТИНРО-центр. С. 141-142.

Кулепанов В.Н., Ревенко Е.В. 2013. Динамика запасов и промысловых характеристик зарослей *Saccharina japonica* (Phaeophyceae, Laminariales) в прибрежье Приморья // Труды СахНИРО. Т. 14. С. 281-289.

Кулепанов В.Н., Соколенко Д.А., Власенко Р.В. 2023. Состояние зарослей массовых видов макрофитов в прибрежье Приморья // Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов: материалы Междунар. научн.-технич. конф. Владивосток. Дальрыбвтуз. С. 59-65.

Лебедев А.М. 2002. Сравнительный анализ поселений дальневосточного трепанга восточного побережья Уссурийского залива в 1893 и 2000 гг. // Вестник ДВО РАН. № 3. С. 93-104.

Левин В.С. 2000. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство. СПб.: Голанд. 200 с.

Левин В.С., Шендеров Е. Л. Некоторые вопросы методики количественного учёта макробентоса с применением водолазной техники. // Биология моря. 1975, № 1. С. 64-70.

Макрофауна бентали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1978-2009. 2014. / Под ред. Шунтова В.П., Бочарова Л.Н. Владивосток: ТИНРО-Центр. 554 с.

Основные методы оценки численности и биомассы водных биологических ресурсов, величины запаса и его прогноза, оценки возможностей доли изъятия, а также сбора данных характеризующих численность, биомассу, величину запаса, а также биологических и промысловых данных используемые в ФГУП «ТИНРО-Центр». 2013. Владивосток. 45 с.

Перечень рыбоводных участков для осуществления морской аквакультуры (марикультуры) в Приморском крае (в ред. Постановлений Администрации Приморского края от 26.06.2012 № 177-па, от 14.04.2015 № 114-па, от 17.01.2018 № 16-па, Постановление Правительства Приморского края от 12.05.2020 № 412-пп).

Поляков А.В. КартМастер 4.1. Построение и анализ карт распределения запаса. – М.: ВНИРО, 2008. С. 183.

Ресурсы и рациональное использование морских водорослей и трав дальневосточных морей России: монография / под общ. ред. В.Н. Акулина. 2020. Владивосток: ТИНРО. 268 с.

Седова Л.Г. 2011. Ресурсы трепанга *Apostichopus japonicus* в прибрежных водах Приморья (Японское море) // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. Тезисы докладов IV Международной конференции. Южно-Сахалинск: СахНИРО. С. 158-159.

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е. 1964. Водолазный метод гидробиологических исследований / Океанология. № 4. Наука. С. 710–711.

Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. 1988. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съёмок на примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена. // В кн.: "Морские промысловые беспозвоночные. Сборник научных трудов", М.: ВНИРО. С.45-70.

Суховаева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология

переработки. Владивосток. 243 с.

Deriso R.B. 1980. Harvesting Strategies and Parameter Estimation for an Age-Structured Model // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – V. 37. – P. 268–282.

Gayanilo F.C., Pauly D. 1997. FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT), reference manual // FAO computerized information series (Fisheries). – № 8 – 262 p.

Haddon M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries // Chapman & Hall. CRC Washington D.C. – 406 p.

Hilborn R. & Walters, C.J. 1992 Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall. New York. –570 p.

Keckler D. 1994. SURFER for Windows user's guide. Golden Software Inc., Golden, CO.

Meyer R., Millar R.B. 1998. Bayesian Stock Assessment using a State-Space Implementation of the Delay Difference Model // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – V. 56. – P. 37–52.

Schaefer M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries // Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. – № 1 – P. 25–56.

Schnute J.T. 1987. A General Fishery Model for a Size-Structured Fish Population // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 44. № 1980. P. 924–940.

Stolyarenko D.A., 1986. Data analysis of trawl shrimp survey with spline approximation of stock density. Internat. Council Explor. Sea (I.C.E.S.), Shellfish Committee, Doc. № C.M. 1986/K:25, 16 p.

Stolyarenko D.A., 1986. Data analysis of trawl shrimp survey with spline approximation of stock density. Internat. Council Explor. Sea (I.C.E.S.), Shellfish Committee, Doc. № C.M. 1986/K:25, 16 p.

Stolyarenko D.A., 1987. The spline approximation method and survey design using interaction with microcomputer: Spline Survey Designer Software System. Ibid., Doc. № K:29, 24 p.

Stolyarenko D.A., 1987. The spline approximation method and survey design using interaction with microcomputer: Spline Survey Designer Software System. Ibid., Doc. № K:29, 24 p.

Vasilets P.M. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

Warckernagel H. 1995. Multivariate Geostatistics // Springer, Berlin, – 256 p.