

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КАСПИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА»

На правах рукописи



САФРАЛИЕВ ИЛЬДАР АБСАТАРОВИЧ

**СОВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕВРЮГИ
(*ACIPENSER STELLATUS PALLAS, 1771*) В КАСПИЙСКОМ МОРЕ
И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ЕЁ ВОЛЖСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ**

03.02.14 – биологические ресурсы

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук
Рубан Георгий Игоревич

Научный консультант:
доктор технических наук
Булгакова Татьяна Ивановна

Москва-2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1. Физико-географическая характеристика Каспийского моря.....	10
1.2. Миграции осетровых в Каспийском море.....	18
1.3. Закономерности распределения севрюги в Каспийском море в 1930–1990-е годы.....	23
1.4. Влияние факторов среды на распределение севрюги в Каспийском море.....	30
1.5. Методы оценки запасов осетровых в Каспийском море.....	35
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	40
ГЛАВА 3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕВРЮГИ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ.....	51
3.1. Сезонное распределение севрюги в Каспийском море.....	51
3.2. Межгодовые изменения сезонной динамики распределения плотности скоплений севрюги.....	68
3.3. Связь распределения севрюги с количественными и качественными характеристиками зообентоса и температурой воды в мелководной северной части Каспийского моря в летний период.....	77
3.4. Связь сезонного распределения плотности скоплений севрюги с температурой воды в Каспийском море.....	85
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА НЕЗАКОННОГО, НЕСООБЩАЕМОГО И НЕРЕГУЛИРУЕМОГО ПРОМЫСЛА СЕВРЮГИ В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ РАЙОНЕ.....	95
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ СЕВРЮГИ В УСЛОВИЯХ МОРАТОРИЯ НА ПРОМЫСЕЛ И ДЕФИЦИТА ИНФОРМАЦИИ.....	106
5.1. Экспертный метод оценки нерестового запаса с использованием коэффициента промыслового возврата.....	106

5.2. Модель запаса севрюги волжской популяции по методу DB-SRA.....	113
5.2.1. Результаты настройки модели DB-SRA.....	122
5.2.2 Ретроспективная модель запаса.....	125
5.2.3 Возможные сценарии восстановления запаса в будущем.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	137
ВЫВОДЫ.....	140
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	142
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	143
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	168
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования и степень её разработанности.

Известно, что наиболее продуктивным и важным источником осетровых рыб в СССР в XX столетии был бассейн Каспийского моря. В 1901–1903 гг. уловы осетровых достигали 35–39 тыс. т (Коробочкина, 1964), а в 1970-х гг. – 28,86 тыс. т при среднем значении 22,1 тыс. т. Большую часть осетровых (до 90 %) вылавливали в р. Волге, и только оставшиеся 10 % в рр. Урал, Кура, Терек (Stolberg et al., 2006; Ходоревская и др., 2007а). Однако, начиная с 1980-х гг., состояние популяций осетровых начало ухудшаться, сократилась их численность. Если общая численность русского осетра и севрюги в 1968 г. насчитывала 192,2 млн экз. (Легеза, 1975), то в 1983 г. она составила 114,72 млн экз. В 1999 г. общая численность русского осетра, севрюги и белуги составила 52,3 млн экз. (Власенко, 2001). В связи с сокращением численности осетровых коммерческий промысел белуги в Волго-Каспийском районе был запрещён в 2000 г., а русского осетра и севрюги – в 2005 г. К сожалению, мораторий на вылов осетровых не принёс положительных результатов, их численность продолжала падать. В 2014 г. численность осетровых в северо-западной части и на западном склоне средней части Каспийского моря составляла 9,135 млн экз. (Довгопол и др., 2015).

Критическое состояние запасов осетровых обусловлено нарушением условий их естественного размножения и нагула, возросшими масштабами браконьерства, нерациональной хозяйственной деятельностью человека, которая ведётся без учёта закономерностей формирования запасов и интересов рыбного хозяйства.

В Каспийском бассейне севрюга являлась вторым по значению видом осетровых в уловах после русского осетра. Исследованиям закономерностей, формирования её запасов, включая численность, возрастную и размерную структуру популяций, соотношение полов, пространственное распределение и

пути миграций в Каспийском море, а также отношению к абиотическим и биотическим факторам, посвящён ряд публикаций (Борзенко, 1932, 1942, 1961, 1964; Легеза, 1968, 1969, 1972, 1973, 1975, 1989; Коробочкина, 1970; Пискунов, 1965; Пальгуй, 1984, 1986; Сливка и др., 1982; Власенко, 1982, 1989, 2001; Зыкова, 2004а; Ходоревская и др., 2007а). Были исследованы биологические особенности нерестовой части популяции севрюги и динамика миграции её производителей в р. Волге, влияние антропогенных факторов на формирование её запасов (Шубина, 1972, 1974; Сливка, 1974; Довгопол, 1989; Вещев и др., 2007). Ряд работ был посвящён естественному воспроизводству и его вкладу в пополнение запасов севрюги, уточнению коэффициента промыслового возврата (КПВ) (Вещев, 1986, 1989). Был также оценен КПВ от искусственного воспроизводства севрюги (Буханевич и др., 1984, 1986а, 1986б).

Несмотря на значительное количество исследований экологии севрюги, её миграций, пространственного распределения и формирования запасов, остаются недостаточно изученными особенности распределения севрюги в водах иранского побережья, закономерности сезонной динамики распределения в Каспийском море в последние десятилетия и комплексное влияние абиотических и биотических факторов на её распределение в море.

Кроме того, в связи с относительно недавним введением моратория на промысел каспийских осетровых (2000 и 2005 гг.) и неопределённостью международно-правового статуса Каспийского моря, затрудняющего проведение осетровых съёмок по всему морю, резко сократился сбор научных материалов для оценки запасов. В этих условиях невозможно применять традиционные методы оценки запасов – математические модели, основанные на данных по возрастной структуре осетровых в уловах.

В связи с этим возникает необходимость как проведения исследований распределения севрюги в современный период, так и внедрения новых методов оценки запасов севрюги при недостаточности информации о запасе, которые рекомендованы в приложении к Приказу ФАР № 104 от 6 февраля 2015 г.

Цель настоящей работы: выявление закономерностей современного распределения севрюги в Каспийском море и совершенствование методов оценки запасов волжской популяции севрюги в условиях недостаточности информации.

В рамках поставленной цели были определены следующие **задачи**:

- 1) изучить сезонную и многолетнюю динамику распределения плотности скоплений севрюги в Каспийском море;
- 2) изучить влияние абиотических и биотических факторов на распределение плотности скоплений севрюги в море;
- 3) оценить объёмы незаконного, несообщаемого и нерегулируемого промысла (ННН-промысел) севрюги в Волго-Каспийском районе;
- 4) разработать методическую основу оценки нерестового запаса волжской популяции севрюги с использованием коэффициента промыслового возврата от естественного и искусственного воспроизводства;
- 5) спрогнозировать динамику биомассы промыслового запаса волжской популяции севрюги на основе конечно-разностной продукционной модели DB-SRA (Depletion-based stock reduction analysis) при различных условиях её эксплуатации с учётом ННН-промысла и искусственного воспроизводства осетровыми рыболовными заводами (ОРЗ) в дельте р. Волги.

Научная новизна. Впервые проведён обобщённый анализ сезонной динамики распределения севрюги в Каспийском море за 2000–2013 гг. и дано описание её распределения в водах иранского побережья.

Выявлены закономерности сезонной динамики распределения севрюги и её связь с придонной температурой воды в северной, средней и южной частях моря. Впервые выявлена комплексная связь распределения севрюги с биомассой и составом бентоса и температурой воды в мелководной северной части Каспийского моря в летний период.

Впервые с использованием литературных данных и известной методики Власенко–Зыковой (2007) проведены расчёты и дана ретроспективная оценка величины ННН-промысла севрюги в Волго-Каспийском районе.

Впервые разработана методическая основа оценки нерестового запаса волжской популяции севрюги, базирующаяся на стохастическом подходе, с использованием известных величин коэффициентов промыслового возврата от естественного и искусственного воспроизводства.

Впервые был апробирован метод DB-SRA, разработанный Диком и Макколом (2011) для оценки запаса с дефицитом информации, на севрюге волжской популяции и внесены модификации в расчёты модели, позволяющие более точно смоделировать сценарии формирования её запаса в будущем.

Теоретическая и практическая значимость.

Результаты работы позволили оценить количественные изменения в популяции севрюги Каспийского моря, произошедшие в период с 2000 по 2013 гг. в условиях сильного антропогенного пресса. Были определены основные районы нагула севрюги в различные сезоны года, биотические и абиотические факторы, влияющие на её распределение в море.

Разработана методическая основа оценки нерестового запаса волжской популяции севрюги, базирующаяся на стохастическом подходе, с использованием известных величин коэффициентов промыслового возврата от естественного и искусственного воспроизводства. Полученные оценки запаса можно использовать как дополнительный параметр в других моделях запаса.

С помощью модели DB-SRA проведён ретроспективный анализ динамики вылова севрюги волжской популяции с учётом официального изъятия и оценённых величин ННН-промысла. Найдены величины целевых ориентиров управления запасом по результатам реализации модели DB-SRA.

С помощью модели проанализированы возможные сценарии восстановления запаса волжской популяции севрюги из настоящего её состояния низкой численности.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Распределение севрюги характеризуется стабильной локализацией основных районов её нагула, но нестабильной плотностью скоплений,

обусловленной динамикой её численности, сокращающейся во всех частях Каспийского моря в 2000–2013 гг.

2. Летнее распределение севрюги в мелководной северной части Каспийского моря определяется температурой придонного слоя воды и биомассой кормовых организмов на местах нагула.

3. Масштабы ННН-промысла севрюги многократно превышают официальный вылов в 1989–2015 гг.

4. Состояние запаса севрюги волжской популяции угрожающее. Если не остановить её ННН-промысел и не интенсифицировать искусственное воспроизводство, вид может исчезнуть с вероятностью 50,0 % к 2025 г.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, содержащихся в диссертационной работе, определяются значительным объёмом фактического материала, корректной статистической обработкой полученных данных, использованием рекомендованных и общепринятых методик исследования и применением современных компьютерных программ. Методы, использованные при проведении исследований, соответствуют поставленным целям и задачам, представленные выводы базируются на анализе и обобщении полученных результатов и отвечают сформулированным задачам.

Материалы диссертационной работы были представлены и получили положительную оценку на производственных совещаниях и ежегодных отчётных сессиях ФГБНУ «КаспНИРХ» (2007–2015 гг.), ежегодных Отраслевых методологических семинарах по изучению современных методов оценки запасов и рационального использования водных биологических ресурсов, проводимые ФГБНУ «ВНИРО» (28 сентября–2 октября 2015 г., г. Сочи; 3–7 октября 2016 г., г. Сочи), семинаре «Исследования осетровых в бассейне Каспийского моря» (27 октября 2017 г., г. Астрахань), III Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (13–15 октября 2009 г., г. Астрахань), Международной научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения

Г. В. Никольского (20–23 сентября 2010 г., г. Ростов-на-Дону), IV Всероссийской конференции с международным участием «Поведение рыб» (19–21 октября 2010 г., г. Борок), Всероссийской молодежной конференции «Вклад молодых учёных в рыбохозяйственную науку России» (12–14 октября 2010 г., г. Санкт-Петербург), V Всероссийской конференции «Поведение рыб» (8–9 ноября 2014 г., г. Борок).

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д.б.н. Г. И. Рубану (ИПЭЭ РАН) и научному консультанту д.т.н. Т.И. Булгаковой (ВНИРО) за внимательное и конструктивное руководство диссертационной работой.

Автор выражает благодарность руководству ФГБНУ «КаспНИРХ» за предоставленную возможность сбора, обработки и использования полевого материала; сотрудникам структурных подразделений ФГБНУ «КаспНИРХ» лабораторий естественного воспроизводства рыб, гидробиологии и аквакультуры, предоставившим дополнительный материал.

Отдельную благодарность автор выражает Р.П. Ходоревской, И.Н. Лепиловой, С.В. Шипулину, А.Д. Власенко и Г.Ф. Довгопол за поддержку и советы в написании диссертации, всем коллегам лаборатории осетровых рыб ФГБНУ «КаспНИРХ» за помощь в сборе материала.

Публикации. Основные результаты проведенных научных исследований отражены в 15 опубликованных работах, 6 из них в журналах, рекомендованных перечнем ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических предложений, списка использованной литературы, списка сокращений и приложения. Общий объём диссертации 171 страница текста, иллюстрированный материал представлен 26 таблицами и 32 рисунками. Список литературы включает 206 источников, из которых 29 опубликованы в зарубежных изданиях.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Физико-географическая характеристика Каспийского моря

Каспийское море – уникальный изолированный водоем, расположенный на границе Европы и Азии. К берегам водоёма имеют выходы Российская Федерация, Азербайджанская Республика, Исламская Республика Иран, Республики Казахстан и Туркменистан. Протяжённость их береговой линии неодинакова (таблица 1). По формальным признакам Каспийское море – бессточное озеро. Однако, учитывая его геологическую историю, большие размеры, солоноватые воды и режим, сходный с морским, а также наличие среди его обитателей многих представителей не только речной, но и морской фауны, этот водоём называют морем.

Если по географическим и гидрологическим параметрам Каспийское море является озером, то его международно-правовой статус не определён. За признание этого водоёма морем выступал Казахстан, что позволило бы применить к разделу моря положения Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. о внутренних водах, территориальном море, исключительной экономической зоне, континентальном шельфе. Но с позиции этой конвенции Каспийское море нельзя назвать морем, так как оно является замкнутым водоёмом и не имеет природной связи с мировым океаном. В ходе многочисленных переговоров, конференций и четырёх саммитов прикаспийских государств (Ашхабадский саммит 23–24 апреля 2002 г., Тегеранский саммит 16 октября 2007 г., Бакинский саммит 18 ноября 2010 г. и Астраханский 29 сентября 2014 г.) согласия прикаспийским странам достичь к настоящему времени не удалось (Гасымзаде, 2015).

По количеству принимаемых Каспийским морем пресных вод водоём занимает первое место среди озёр мира (Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли, 1974). Море вытянуто в субмеридиональном направлении, его протяжённость 1204–1225 км, а с запада на восток 330 км (таблица 1). Большую

часть площади моря занимают глубины до 100 м (62,2 %), из которых глубины до 10 м – 44 %, принадлежат мелководной северной его части (Николаева, 1986).

Таблица 1 – Физические параметры Каспийского моря (Николаева, 1986; Зонн, 1999; Катунин, 2014)

Площадь	Общая	344100–433900 км ²
	Северная часть	61800–141000 км ²
	Средняя часть	137000–139100 км ²
	Южная часть	145300–153800 км ²
Объём	Общий	77328–79883 км ³
	Северная часть	251–856 км ³
	Средняя часть	26165–27170 км ³
	Южная часть	50912–51857 км ³
Протяжённость	С севера на юг	1204–1225 км
	С запада на восток	330 км (средняя)
Протяжённость береговой линии	Общая	6500–6700 км, с островами до 7000 км
	Российская часть	755 км
	Казахстанская часть	2300 км
	Туркменская часть	1200 км
	Азербайджанская часть	600 км
	Иранская часть	724 км
Солёность	Общая (средняя)	12,85 ‰
	Северная часть	5–10 ‰
	Средняя часть	12,7 ‰
	Южная часть	13,0 ‰

В Каспийское море впадают реки: Волга, Урал, Терек, Кура и др. Среди этих рек основная роль в водообеспечении моря принадлежит р. Волге (таблица 2).

Волжский сток играет определяющую роль в формировании трансрегрессионно-регрессионных положений моря, уровня его солёности и биопродуктивности. Вынос биогенных веществ волжскими водами создаёт благоприятные условия для жизнедеятельности гидробионтов. Объёмы стока, характеризующиеся квазипериодичностью маловодных и многоводных циклов, оказывают влияние на всю трофическую структуру северной части Каспийского моря и определяют соотношение состава планктона и зообентоса. В конечном итоге объём волжского стока изменяет в большую или меньшую сторону рыбопродуктивность северной его части (Салманов, 1999; Катунин, 2014).

Таблица 2 – Сток рек в Каспийское море (Катунин, 2014)

Река	Годы наблюдений	Сток воды, км ³ /год	% от общего стока рек
Волга	1881–2010	246,2	82,7
Урал	1936–2005	8,3	2,8
Терек	1930–2005	7,8	2,6
Сулак	1925–2004	4,8	1,6
Реки междуречья Сулак-Самур	1936–1965	0,3	0,1
Самур	1966–1995	1,62	0,5
Реки междуречья Самур-Кура	1936–1965	0,9	0,3
Кура	1936–1988	15,0	5,0
Реки междуречья Кура-Астара	1936–1965	0,6	0,2
Реки нагорья Ирана	1936–1981	12,5	4,2
Всего	–	298,0	100,0

Каспийское море, возникшее около 6 млн лет назад на месте Понтического бассейна, имеет сложную геологическую историю. За последние 3 млн лет этот

уникальный бассейн то распространялся от подножий Эльбруса до Вятки и Камы, от Чёрного моря до Аральского, то сокращался до размеров Азовского моря (рисунок 1). Этот период насчитывает до 20 ритмик с возрастающей частотой в последний 1 млн лет, на который приходится 16 пиков уровня моря. За последние 10 тыс. лет максимальная амплитуда составила до 25 м и до 15 м за последние 2,5 тыс. лет. Причинами колебания уровня Каспийского моря в доисторический период являются тектонические и климатические процессы, происходившие в то время (Латыпов, 1997; Свиточ, 2016).

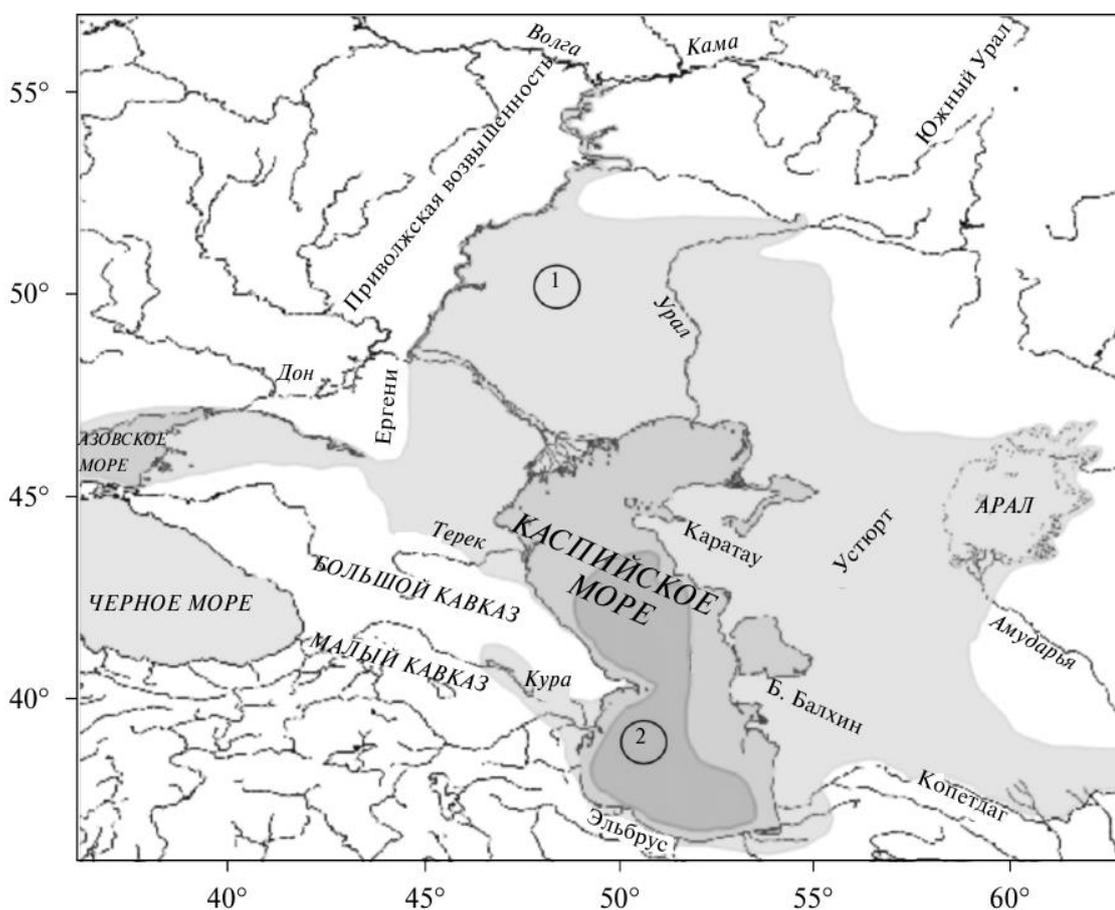


Рисунок 1. Карта-схема максимального (1) и минимального (2) развития водоёмов Большого Каспия (Свиточ, 2016)

В исторический период наиболее высокая отметка Каспийского моря зафиксирована в 1805 г. и составила минус 22 м по Балтийской системе (БС). В 1932 г. уровень моря был -26,2 м БС и до 1977 г. наблюдалось его снижение до

отметки -28,92 м БС (Алигаджиев, 1989). Далее последовало повышение уровня Каспийского моря до -27,22 м БС в 2009 г. (Катунин, 2014).

В настоящее время на уровень моря влияют 5 факторов (Зонн, 1997; 1999).

1. Нарушение режима стока рек в результате деятельности человека.
2. Нарушение атмосферной циркуляции, в частности из-за изменения солнечной активности.
3. Изменение объёма чаши моря и изменение водообмена через дно моря.
4. Тектонические движения земной коры.
5. Изменения климата в пределах бассейна моря.

Будущие изменения уровня Каспийского моря не ясны. Существуют различные, иногда противоположные гипотезы. Можно выделить два основных мнения: 1) Каспийское море – водоём, пребывающий в регрессивной стадии, осложненной небольшим поднятием уровня; 2) оно находится в стадии трансгрессии при кратковременном снижении уровня моря (Осика, 1995; Клиге, 1997; Ходоревская и др., 2007а; Свиточ, 2016).

По морфологическому строению и физико-географическим особенностям Каспийское море делят на три части: северную, среднюю и южную (Книпович, 1921; Салманов, 1999; Катунин, 2014). За условную границу между северной и средней частями принимают линию, соединяющую о. Чечень и мыс Тюб-Караган, а между средней и южной частями моря – линию от о. Жилого к мысу Куули (рисунок 2). В зависимости от уровня моря (от -30,0 до -24,0 м БС) площади и объёмы водных масс частей Каспийского моря изменялись, их доли составили в среднем для северной части – 26,8 и 0,7 %, средней – 35,1 и 34,0 %, южной – 38,1 и 65,3 % соответственно (таблица 1).

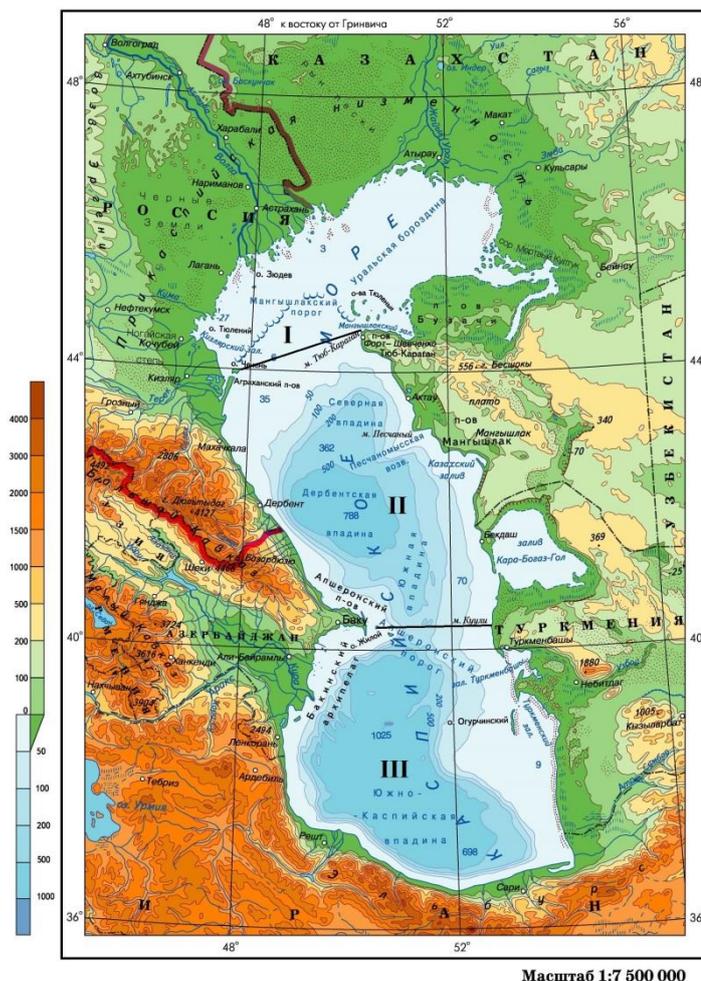


Рисунок 2. Физико-географическое деление Каспийского моря (Книпович, 1921; Салманов, 1999; Катунин, 2014). Части моря: I – северная, II – средняя, III – южная
 — границы между частями Каспийского моря

В северной части Каспийского моря выделяют мелководную и глубоководную части. Мелководная часть представлена глубинами до 10 м и дополнительно подразделяется на северо-западную и северо-восточную части. Линия раздела проходит от о-ва Укатный до мыса Тюб-Караган. Глубоководная северная часть Каспийского моря граничит со средней частью моря и представлена глубинами 10–30 м. В средней части Каспийского моря к западному склону относят воды, прилегающие к побережью от северной оконечности п-ва Аграханский до о-ва Жилой. Восточный склон средней части моря протянулся от мыса Тюб-Караган до мыса Куули. Воды западного склона южной части моря

шириной от 15 до 60 км протянулись от о-ва Жилой до г. Астара. Район моря, прилегающий к восточному побережью южной части Каспийского моря, простирается от мыса Куули до пос. Гасан-Кули. Он расположен в пределах Туркменской структурной террасы и значительно шире западного, его максимальная ширина 190 км. Склон иранского побережья, находящийся в южной части Каспийского моря, узкий (6–10 км) и протянулся от г. Астара до пос. Гасан-Кули (Кулакова, 1986).

В Каспийском море насчитывается до 50 островов, их суммарная площадь составляет, по данным разных авторов, от 350 до 2049 км² (Николаева, 1986; Зонн, 1999; Ходоревская и др., 2007а). Площадь островов в северной части Каспийского моря равна 1813, в средней – 71, южной – 165 км² (Николаева, 1986). Острова Каспийского моря в основном небольшие и сосредоточены вблизи берегов. В северной части Каспийского моря расположено наибольшее их количество. В северо-восточной мелководной части Каспийского моря находится архипелаг Тюленьих островов, среди которых наиболее крупные – Кулалы и Морской. В северо-западной части моря расположен самый большой остров моря – Чечень (122 км²), а также о-ва Тюлений, Чистая Банка, Малый Жемчужный, Укатный. Эти острова и подводные поднятия (банки Большая и Средняя Жемчужная, Ракушечная, Кулалинская и др.) находятся на высокопродуктивной акватории, сформированной в зоне схождения волжских и морских вод, и представляют единую экосистему гидрофронта «река – море» (Катунин, 2014).

В средней части Каспийского моря вдоль Апшеронского полуострова протянулась цепь островов Апшеронского архипелага, наибольший среди которых о. Жилой (28 км²). Вдоль западного склона южной части Каспийского моря к югу от Бакинской бухты расположена группа небольших островов Бакинского архипелага (Булла, Лось, Свиной, Вульф и др.). Прибрежные зоны о-в Бакинского и Апшеронского архипелагов в первой трети прошлого века служили основным нагульным ареалом бентосоядных и пелагических рыб. В настоящее время в связи с нефтяным загрязнением эти районы потеряли рыбохозяйственное значение. В водах восточного склона южной части моря находится узкий,

вытянутый по меридиану о. Огурчинский, прибрежные воды которого являлись местом нагульных концентраций каспийского тюленя, а на самом острове формировались его залежки (Николаева, 1986; Хураськин, 1989; Касымов, 1994; Катунин, 2014).

Особенности гидрологического режима Каспийского моря обусловлены его замкнутостью, внутриматериковым положением, большой меридиональной протяжённостью (более чем на 10° в географических координатах), воздействием речного стока, конфигурацией берегов и рельефом морского дна. Сезонные изменения гидрологических параметров, в частности температуры, весьма значительны, но они неодинаковы в пределах акватории и уменьшаются в направлении с севера на юг. Колебания температуры воды наиболее выражены в зимнее время, наименее – в летнее. На глубинах более 200 м сезонные колебания температуры не отмечаются (Гюль и др., 1971; Салманов, 1964; Косарев, 1975; Гордиенко и др., 1986). В глубоких слоях средней и южной частей Каспийского моря температура постоянна и находится в пределах $5\text{--}7^\circ\text{C}$ (Салманов, 1972а, б; 1987).

Температура воды зимой в южной части моря опускается до $+13^\circ\text{C}$, а в северной до 0°C подо льдом (Зонн, 1999; Катунин, 2014). Вследствие низких температур в зимнее время северная часть Каспийского моря подвержена замерзанию (январь–февраль). Граница льда проходит от о. Чечень до полуострова Мангышлак, выгибаясь дугой, обращённой к северу. В летнее время к августу температура поверхностных слоёв воды северной и южной частей выравнивается и находится в пределах от $22\text{--}23$ до $26\text{--}30^\circ\text{C}$ (Гордиенко и др., 1986; Катунин, 2014).

Различия температурных режимов, формирующихся в течение года на разных участках бассейна, определяют межгодовые изменения продукционных свойств биоценозов, их структуру и видовое биоразнообразие, сроки прохождения фаз развития гидробионтов, пространственное перераспределение представителей ихтиофауны в миграционные и нагульные периоды (Катунин, 2014).

Характерной чертой каспийских вод является относительно малое содержание солей натрия и хлора, но высокое количество карбоната натрия и кальция, а также сульфатов, что объясняется давней обособленностью от океана и своеобразием водного питания. Прозрачность воды Каспийского моря особенно около устьев рек и в мелководных зонах невелика (до 0,2 м) из-за большого притока взвешенных речных наносов. В открытых частях моря прозрачность воды достигает 15–17 м (Зонн, 1999).

1.2. Миграции осетровых в Каспийском море

Исследуя закономерности распределения осетровых и, в частности, севрюги в Каспийском море, имея в виду, что оно формируется в процессе миграций и зависит от её численности, мы исходим из существующих представлений о происхождении миграций. Миграции возникли в процессе эволюции, несут приспособительный (адаптивный) характер, обеспечивая благоприятные условия существования и воспроизводства популяции, и направлены в конечном счёте на увеличение численности вида (Васнецов, 1953; Никольский, 1963). Рассматривая миграции рыб, мы должны учитывать два аспекта: 1) возникновение миграций в процессе исторического развития, как адаптации; 2) факторы, вызывающие и обуславливающие характер миграций в настоящее время. При этом следует иметь в виду, что «все непосредственные причинно-следственные связи, способствующие осуществлению миграций, необходимо рассматривать как механизмы миграций, т. е. понимать под общим детерминизмом миграции ту историческую причину, которая в процессе естественного отбора привела к появлению такого приспособления, как миграции, а под механизмами – звенья той цепи причинно-следственных явлений, благодаря которым миграции осуществляются в настоящее время» (Ходоревская и др., 2007а, с. 17).

Важным направлением изучения миграций является их адаптивное значение. В.В. Васнецов (1953) показал, что нерестовые миграции проходных рыб в реки есть приспособление к защите икры от донных хищников – икродов, которыми изобилует море. Обобщая представления об адапционных причинах

миграции, Б.П. Мантейфель (1959, с. 5) писал, что миграции «следует рассматривать как адаптации данной (мигрирующей) популяции вида к использованию конкретных условий своего ареала в соответствии с меняющимися потребностями животных на разных отрезках жизненного цикла и с изменением внешних условий».

Г.В. Никольский (1963) выделял три вида миграции: нерестовую – перемещение рыбы от мест кормежки или зимовки к местам размножения (нерестилищам); нагульную или кормовую – перемещения от мест размножения или зимовки к местам нагула; зимовальную – перемещения с мест нагула к местам зимовки.

Нерестовая, нагульная и зимовальная миграции находятся во взаимосвязи между собой, подготовляются предыдущими звеньями жизненного цикла особей и сами обеспечивают дальнейшую их жизнь. Факторами, вызывающими миграцию, могут выступать определённое состояние рыбы (упитанность, жирность, стадия развития половых желез), температура воды и т. д. (Никольский, 1963). Схематически миграционный цикл рыб представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Схема миграционного цикла рыб (Г.В. Никольский, 1963)

Исходя из этих представлений о миграциях, можно объяснить наблюдаемые сезонные изменения в распределении и численности осетровых по районам

Каспийского моря через процессы зимовальных, нерестовых и нагульных миграций и связать с факторами, вызывающими данные миграции.

Миграции севрюги включают нерестовую миграцию производителей из Каспийского моря в основные нерестовые реки, впадающие в него (рр. Волга, Урал, Сефидруд и Кура), и сезонные нагульные и зимовальные миграции между частями моря. По современным представлениям, севрюга ежегодно совершает в Каспийском море сезонные миграции: весной из южной и средней частей в северную, а осенью из северной в среднюю и южную части моря (Борзенко, 1942; Державин, 1947; Соколова, 1952; Пискунов, 1965; Тарвердиева, 1968; Коробочкина, 1970; Шубина, 1972, 1974; Легеза, 1969; Shubina et al., 1989; Ivanov et al., 1997; Иванов, 2000; Ходоревская и др., 2007а; Зыкова, Коноплева, 2011; Сафаралиев, 2012; Сафаралиев и др., 2013; Ходоревская и др., 2014а).

Стимулом к началу нерестовой миграции производителей осетровых в реки является достижение определённой стадии зрелости их гонад и повышение активности нейросекреторной и эндокринной систем (Гербильский, 1957; Баранникова, 1975). Выявлена тесная связь уровня метаболизма осетровых со сроками их миграции в реку (Шелухин, 1974). Внешними стимулами нерестовой миграции осетровых являются температура, мутность и уровень воды в устьях нерестовых рек (Городничий, 1955; Козловский, 1956; Баранникова, 1964; Песериди, Чертихина, 1967; Harden Jones, 1968).

У осетровых, мигрирующих на нерест в рр. Волга, Урал и Кура, были выделены две сезонные расы – яровая и озимая (Берг, 1953). Производители яровой расы заходят в реку незадолго до нереста – весной или летом, и нерестятся в этом же году, а производители озимой расы начинают миграцию поздней весной или летом, проводят в реке до нереста несколько месяцев, зимуют и размножаются весной следующего года.

Яровые производители осетровых р. Волги мигрируют осенью из среднего и южного районов в северную часть Каспийского моря и с понижением температуры воды до 4–6 °С начинают концентрироваться на свале глубин и во впадинах северной части Каспийского моря. Наибольшие преднерестовые

скопления наблюдаются в западном районе северной части моря (банки Тбилиси и Средняя Жемчужная). В центральном и восточном районах северной части моря (банка Ракушечная и Уральская бороздина) концентрации производителей яровой расы в это время незначительны и представлены, главным образом, русским осетром и белугой (Державин, 1922; Легеза, Маилян, 1972; Легеза, 1974; Пироговский, 1978). Преднерестовые скопления производителей формируются в предустьевых пространствах рек на глубине 1,8–3,6 м (Сливка, 1974).

Производители озимой расы осетровых р. Волги, также как и яровой, концентрируются в глубоководной северной части моря с осени до весны, а с конца весны и до глубокой осени мигрируют в реку и зимуют поблизости от нерестилищ. Зимовка происходит в глубоководных частях рек (Павлов, Елизаров, 1968).

Нерестовая миграция производителей севрюги в южной части моря начинается в конце зимы, но чаще ранней весной (Легеза, 1973). Они начинают движение из юго-восточной части моря вдоль иранских берегов и сосредотачивается в больших количествах на юго-западе, где расположены основные нерестовые реки (рр. Кура и Сефидруд) (рисунок 4а).

Основными стимулами, инициирующими нагульные и зимовальные миграции неполовозрелых и пропускающих нерест половозрелых особей севрюги в море, являются сезонные изменения абиотических и биотических условий среды. Ряд авторов (Пискунов, 1965; Полянинова и др., 1999, 2001) считают, что сезонные миграции севрюги обусловлены изменениями кормовых условий и, отчасти, температуры. Перераспределение севрюги направлено на наиболее полное использование кормовых ресурсов. Нагульные миграции севрюги из одного участка моря в другой позволяют ей использовать для нагула участки моря с наиболее обильной в данный момент времени кормовой базой и в тоже время дают возможность восстановиться биомассе кормовых организмов на

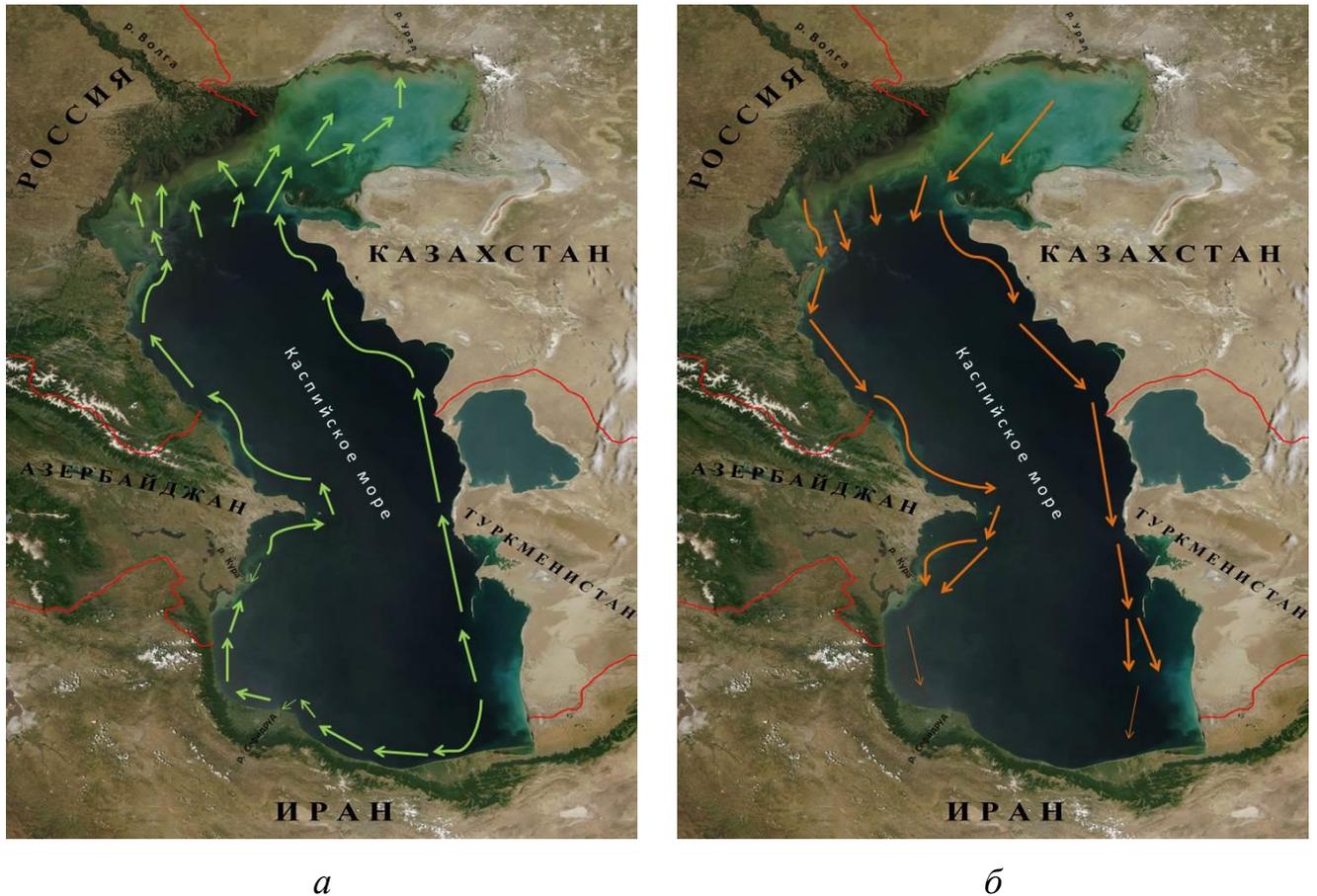


Рисунок 4. Основные весенние (а) и осенние (б) миграционные пути севрюги в Каспийском море

покинутых местах нагула. Однако большинство исследователей склонны считать, что стимулом весенней и осенней миграций в море является температура воды (Павлов, Захаров, 1968; Легеза, 1968, 1969, 1972, 1973; Зыкова, Коноплева, 2011; Сафаралиев, 2012; Пальгуй, 1986; Сафаралиев, Зыкова, 2010а; Сафаралиев, Зыкова, 2010б; Зыкова, 2004).

С прогревом вод в северной части моря до $7,8 - 13,3$ °С севрюга, зимовавшая в его средней и южной частях, начинает перемещаться из южной в среднюю, а из средней в северную части моря вдоль западного и восточного берегов (рисунок 4а). С повышением температуры до $14,0$ °С она распределяется по всей северной части Каспийского моря на глубинах не более 10 м (Легеза, 1968; Тарвердиева, 1968; Зыкова, 2004а).

Начало осенней миграции севрюги, направленной к югу, наблюдается при первых признаках охлаждения северо-каспийских вод (рисунок 4б). В конце августа основные скопления севрюги встречаются уже не в северной, а в средней части моря, главным образом, к югу от Аграханского полуострова вдоль западного берега. Передвижение севрюги из северной части моря в воды восточного берега средней части наблюдается несколько позже по сравнению с западным берегом, поскольку, в отличие от западного побережья, более высокие температуры воды в сравнении с северной частью устанавливаются поздней осенью. К октябрю основная масса рыбы покидает северную часть моря. При завершении осенней миграции севрюга из северной части моря образует зимовальные скопления вдоль западного побережья средней и южной частей моря, а южного происхождения, нерестящаяся в рр. Кура и Сефидруд, преимущественно в юго-восточной части моря у туркменского побережья (Легеза, 1968, 1972; 1973; Коробочкина, 1970; Зыкова, 2004).

Таким образом, у севрюги Каспийского моря наблюдаются ежегодные сезонные нагульные и зимовальные миграции между районами моря и нерестовые миграции в основные реки Каспийского бассейна (рр. Волга, Урал и Кура, реки иранского побережья).

1.3. Закономерности распределения севрюги в Каспийском море в 1930–1990-е годы

Распределению осетровых в Каспийском море исследователи уделяли значительное внимание. Многочисленные публикации дают возможность проследить ретроспективные изменения в распределении рыб.

Распределение севрюги в 1930-е годы. По опубликованным и архивным источникам картину распределения севрюги в 30-х годах в Каспийском море можно воссоздать лишь фрагментарно. В эти годы в западных районах северной части моря летом уловы севрюги не превышали 11 особей за 1 час траления (Легеза, 1973). В средней части моря в марте–апреле скопления севрюги наблюдались у западного (Килязинская коса) и восточного (п-ов Мангышлак)

побережий, а начиная с мая и до осени она встречалась лишь единично (Борзенко, 1942); в южной части моря концентрации севрюги в августе–сентябре отмечались у восточного побережья, к югу от банки Ульского (Легеза, 1973).

Начиная с 1960-х гг. распределение севрюги исследовали более подробно.

Распределение севрюги в 1960-е годы. Весной, в апреле, севрюга ловилась по всей акватории северной части Каспийского моря (Коробочкина, 1970; Павлов, Захаров, 1971), и её скопления обнаруживались на востоке, в районе Уральской бороздины, в западном районе она ловилась в бóльших количествах, чем в восточном (Пискунов, 1965). В годы с холодной и затяжной весной подходы севрюги с юга в северные районы могли задерживаться. В средней части моря в апреле и мае севрюга добывалась у обоих побережий, но преимущественно у западного, где она, двигаясь на север, сосредоточивалась в основном на мелководье у Аграханского полуострова. Здесь за одно траление в эти месяцы могли вылавливаться до 50 и более экземпляров. В южных районах моря севрюга, как правило, вылавливалась в небольших количествах.

Летом, в июне–июле, севрюга встречалась по всей мелководной северной части Каспийского моря, концентрируясь преимущественно в западном районе – у банки Бахтемирского, о. Тюленьего, Жемчужных банок (Пискунов, 1965; Коробочкина, 1970; Легеза, 1973; Павлов, Захаров, 1971). В июне на банке Бахтемирского иногда добывали до 74–137 экземпляров за траление. Однако уже в июле был замечен её отход из северной части моря (Коробочкина, 1970). В средней части моря на склонах западного и восточного побережий в это время года севрюга встречалась единично. Причём у восточного побережья севрюга была крайне редка и вылавливалась в основном в Казахском заливе. В отдельные годы её скопления наблюдались у северной части западного побережья. Например, в июне 1968 г. на мелководье у Аграханского полуострова за траление добывали 30–40 экземпляров (Легеза, 1973). В конце лета, в августе, севрюга начинала перемещаться на юг, и значительное её количество из северной части моря появлялась у Аграханского полуострова. В отдельные годы характер распределения в июле и августе был сходным. В другие годы в августе севрюга,

отходя на юг, сосредотачивалась на юго-западе северной части моря или на границе между северной и средней частями – у о. Чечень. В южной части Каспийского моря вдоль западного побережья уловы севрюги летом невелики, а вдоль восточного они достигали 25–30 экземпляров за траление (Легеза, 1973).

Осенью, в сентябре, в мелководной северной части Каспийского моря севрюга обычно встречалась единично, но иногда уловы бывали несколько увеличенными. В октябре она уже покидала эту часть моря и вылавливалась лишь изредка. Осенью и зимой севрюга обитала в средней части моря у обоих побережий, но преимущественно у восточного, где на мелководье Казахского залива её вылавливали до 100 экз. за траление. В южной части моря в это время попадание севрюги в трал также значительно учащалось, при этом она встречалась на всём мелководье, расположенном к югу от о. Огурчинского. В конце зимы, но чаще ранней весной, двигаясь к местам размножения вдоль иранских берегов, севрюга сосредотачивалась в больших количествах в юго-западной части Каспийского моря (Легеза, 1973).

Распределение севрюги в 1970-е годы. Весной в связи с начинающимися миграционными процессами происходило перераспределение севрюги в Каспийском море. Сокращались площади скоплений севрюги вдоль западного побережья средней части моря и на юго-восточном побережье у Туркменистана. В это же время скопления севрюги невысокой плотности до 10 экз./траление появлялись на нагульных площадях в северных районах моря (Легеза, 1989).

Летнее распределение севрюги в северной части моря в сравнении с 60-ми годами не претерпело изменений. Так же как и ранее севрюга предпочитала западные районы этой части моря, осваивая значительные нагульные площади, плотность её скоплений достигала 8 экз./траление. Северо-восточная часть моря характеризовалась меньшей плотностью скоплений, севрюга осваивала главным образом Уральскую бороздину (Ходоревская и др., 2007а).

Летом в средней части Каспийского моря наибольшее количество севрюги нагуливалось по всему западному побережью. Наибольшие плотности скоплений отмечены в водах у пос. Сулак и вдоль п-ва Аграханский. В летнюю съёмку 1978

г. в этом районе вылавливалось свыше 30 экз. за траление (Легеза, 1989). Восточный склон этой части моря характеризовался невысокими локальными плотностями скоплений севрюги – не более 10 экз. за траление.

В южной части Каспийского моря летом наибольшее значение для нагула осетровых имело восточное побережье (Ходоревская и др., 2007а). Севрюга осваивала все нагульные районы от п-ва Огурчинского, банок Ульского и Грязный Вулкан. Значительные по площади её скопления с плотностью до 46 экз. за траление были отмечены в смежных с иранскими водами на траверзе Гасан-Кули (Пироговский, 1981).

Летом воды моря вдоль западного побережья южной части моря, осетровые почти не осваивали из-за сильного антропогенного загрязнения дна. Скопления севрюги плотностью до 3 экз. за траление были обнаружены только в районе банки Куринская (Ходоревская и др., 2007а).

Осенняя съемка 1978 г. показала, что в это время севрюга оставляла летние нагульные районы в северной части моря и формировала зимовальные концентрации на западных и восточных склонах средней и южной частей моря. В связи с ещё не сформировавшимися стабильными концентрациями в этот период уловы в данных частях моря составляли до 10 экз. за траление, в редких исключениях до 20 экз. за траление (Легеза, 1989).

Зимой севрюга образовывала устойчивые скопления вдоль западного и восточного побережий средней части моря и в юго-восточном районе. Наибольшие уловы во время зимней съемки 1978 г. превышали 30 экз. за траление. В юго-западном районе Каспийского моря уловы не превышали 10 экз. за траление (Легеза, 1989).

Распределение севрюги в 1980-е годы проанализировано по материалам зимних, весенних и летних съёмок 1983–1988 гг. (Пальгуй, 1984, 1986; Пальгуй и др., 1989).

Весной с наступлением тепла отмечалась массовая миграция севрюги в западные районы северной мелководной части моря с последующим перераспределением по всей северной части моря. Наибольшая плотность

скоплений севрюги в 1983 г. была у о. Тюлений (19 экз./траление), а в 1985 г. в водах, прилегающих к восточному берегу о. Малый Жемчужный (23 экз./траление).

Как и в предыдущее десятилетие (1960–1970 гг.) в 1980-х годах восточные районы северной части моря по-прежнему оставались менее привлекательными для летнего нагула севрюги. Основные концентрации севрюги в мелководной северной части моря находились в районах Белинского, Кировского банков, в районе о. Тюлений и о. Малый Жемчужный (Пальгуй, 1984). Средняя плотность её скоплений по результатам съёмки 1985 г. в западных районах северной мелководной части моря составила 1,1 экз. за траление, в восточных 0,43 экз./траление (Пальгуй, 1986), в 1988 г. – 0,6 и 0,3 экз./траление соответственно (Пальгуй и др., 1989). Несмотря на более высокую плотность скоплений севрюги в западном районе северной части моря в 1980-х гг., было отмечено, что эта часть моря теряла своё значение для летнего нагула севрюги. Если в 1979 г. соотношение уловов севрюги в западном и восточным районах составляло 4:1, то уже в 1985 г. – 2,5:1, а в 1988 г. – 2:1.

Летом распределение севрюги в средней и южной частях Каспийского моря свидетельствовало о снижении плотности её скоплений в водах, прилегающих к побережью Аграханского полуострова (1983 г. – 54 экз./траление, 1985 г. – 35 экз./траление). Несмотря на высокую плотность скоплений в этом районе, основная масса севрюги нагуливалась в восточных районах южной части моря (Пальгуй, 1986).

Зимой скопления севрюги наблюдались на западном склоне средней части Каспийского моря от о. Чечень до г. Дербента. В юго-восточной части моря она была распределена более равномерно, уловы не превышали 23 экз. за траление (Пальгуй, 1986).

Распределение севрюги в 1990-е годы. В 1990-е годы наблюдалось перераспределение наибольших траловых уловов севрюги в северной мелководной части Каспийского моря.

Значительный нелегальный вылов в западных районах северной и средней частей моря, уменьшение зон гипоксии, а также распреснение восточных районов привели к перераспределению скоплений севрюги с наибольшей плотностью. По данным летней траловой съёмки 1999 г., в северо-западной части моря уловы оказались наименьшими – до 1 экз. за траление, а в северо-восточной части наибольшими – до 5 экз. за траление в районе Уральской бороздины, (Сливка и др., 2000; Зыкова, 2004а).

Вследствие сильного пресса браконьерства в водах западного склона средней части Каспийского моря произошло резкое, почти в 25 раз, сокращение плотности скоплений севрюги с 0,73 экз./траление в 1998 г. до 0,05 экз./траление в 1999 г. (Чуканов и др., 2000). Плотность скоплений севрюги в восточных районах южной часть моря уменьшились в 1,3 раза – с 1,29 (1998 г.) до 0,98 экз./траление (1999 г.) (Сливка и др., 2000).

Причиной перераспределения севрюги и падения её численности, по мнению ряда авторов (Красиков и Федин, 1996; Сливка и др., 2000), в северо-западных районах северной части моря и в средней части моря является возросший пресс браконьерства в море. Наблюдается общее уменьшение плотности скоплений севрюги в северной части моря с 0,30 экз./траление (1991–1995 гг.) до 0,21 экз./траление (1998 г.). Высокий пресс браконьерства привёл к снижению доли особей промысловых размеров в популяции с соответствующим увеличением доли особей непромысловых длины. Это особенно сильно выражено летом в средней и южной частях Каспийского моря, где в этот период традиционно наблюдалось преобладание особей непромысловых размеров из-за весенне-летней миграции преимущественно крупных зрелых и незрелых особей промысловой длины в северные мелководные воды моря. В средней и южной частях моря доля молодежи севрюги увеличилась с 25,9 % в 1991 г. до 36,4 % в 1994 г. В целом, в Каспийском море доля севрюги непромысловых размеров

увеличилась летом с 27,9 % в 1991 г. до 29,5 % в 1994 г. Это увеличение произошло не за счёт роста пополнения популяции осетровых молодыми поколениями от естественного и искусственного воспроизводства, а в результате нарастающего изъятия взрослой (промысловой) части популяции нелегальным промыслом.

В целом, ретроспективный анализ распределения севрюги в Каспийском море, основанный на данных литературы, показал, что в 1960–1990-е гг. можно выделить два периода.

Первый период – с 1960-х до конца 1980-х гг. – характеризовался устойчивыми районами нагула севрюги. Летом основные наиболее плотные скопления формировались в западных районах северной части моря, плотность скоплений в средней и южной частях с это время года сокращалась. Осенью и зимой происходила миграция севрюги из северной части моря, она концентрировалась вдоль западного побережья средней части и в восточных районах южной части моря. Восточные районы северной и средней частей моря использовались севрюгой для нагула незначительно в течение всего года за исключением 1960-х годов, когда в зимний период плотность её скоплений достигала 100 экз./траление на восточном склоне средней части моря.

Второй период, пришедшийся на 1990-е годы, является переломным в состоянии запасов осетровых и, в частности, севрюги. В это время произошло перераспределение летних нагульных районов в море и началось стремительное сокращение численности осетровых. В связи с увеличением нелегального вылова уменьшилась плотность скоплений севрюги в западных районах северной и средней частей Каспийского моря. В то же время увеличилась плотность скоплений в восточных районах северной части моря.

В силу сложившихся межгосударственных отношений между СССР и Исламской Республикой Иран исследования по распределению осетровых и, в частности, севрюги в период 1960–1990-х гг. на иранской акватории Каспийского моря не проводились. Отсутствие соответствующих данных вследствие этого не

даёт возможности составить полную картину распределения севрюги по всему Каспийскому морю.

В первом десятилетии XXI в. силами прикаспийских государств впервые были проведены Всекаспийские международные съёмки осетровых во всех водах прикаспийских государств в Каспийском море. Анализ материалов по этим съёмкам даёт возможность составить более полное представление о распределении севрюги в Каспийском море и выявить возможные изменения, произошедшие в современный период.

1.4. Влияние факторов среды на распределение севрюги в Каспийском море

Изучение влияния факторов среды на распределение севрюги в Каспийском море является важной задачей исследования, решение которой даёт возможность выявить причинно-следственные связи между этими факторами и миграциями исследуемого вида.

Рыбы, как и другие пойкилотермные животные, находятся в бóльшей зависимости от температуры окружающей воды, чем гомойотермные. При этом основное различие между ними заключается в количественной стороне процесса теплообразования. У пойкилотермных животных этот процесс идёт значительно медленнее, чем у гомойотермных. У большинства рыб температура тела на 0,5–1,0 °С выше температуры окружающей среды, и только у тунцов эта разница может достигать более 10,0 °С. С изменениями температуры окружающей воды связано изменение интенсивности обмена веществ у рыб. Во многих случаях изменения температуры выступают как сигнальный фактор или раздражитель, определяющий начало того или иного процесса – нереста, миграции и т. д. (Никольский, 1963).

По литературным данным, в период 1962–1967 гг. нижняя температурная граница обитания севрюги в Каспийском море находилась в пределах 2,4–6,5 °С в придонных водах, а верхняя – 24,5–27,0 °С (Легеза, 1968, 1972; Пискунов, 1965; Павлов, Захаров, 1971). По более поздним данным, верхняя граница составляла

28,3 °С (Зыкова, 2004а). Это объясняется доступностью районов моря для контрольных траловых ловов и, в частности, минимальной глубиной в северной части моря в летний период. В 1962–1967 гг. исследования проводили при минимальной возможной глубине 6 м. Поздние исследования охватывали районы моря до минимальной глубины 2,5 м. Вследствие этого появилась возможность уточнить верхнюю температурную границу обитания севрюги.

Установлено, что весенний прогрев вод обуславливал начало весенней миграции осетровых из средней в северную часть и из южной в среднюю часть Каспийского моря, а также подход рыб, остающихся в средней и южной частях моря, ближе к берегам (Легеза, 1972). При температурах ниже 7 °С подход осетровых в северную часть моря мог задерживаться. В западных районах северной части моря придонные температуры в 1962 г., по данным съёмки, варьировали от 8,4 до 14,5 °С, при этом севрюга попадалась в больших количествах; в 1965 г. при температуре придонных вод 4,6–6,4 °С её уловы были незначительными (Пискунов, 1965). В начале апреля (2001, 2002 гг.) при прогреве водных масс до 7,8–13,3 °С севрюга появлялась в водах северной части моря, в районах банок Большая Жемчужная, Кулалинская и Ракушечная и на юго-восточных границах Уральской бороздины. С достижением придонной температуры 14 °С севрюга распределялась по всей акватории мелководной северной части Каспийского моря: от о-в Тюлений, Чистая Банка на западе до юго-восточных мелководий Казахстана, предпочитая районы многочисленных банок, островов и свалов выходов Главного, Кировского и Белинского банков (Зыкова, 2004а).

Летом в северной и средней частях Каспийского моря севрюга нагуливалась при температуре воды 20,0–28,3 °С, в южной части – при 16,1–27,0 °С. Наибольшие уловы севрюги обнаружены в диапазоне температур 18,0–22,0 °С (Легеза, 1972; Зыкова, 2004а). В восточных районах южной части Каспийского моря летом 2003 г. прослеживалась возрастная избирательность в выборе температуры нагула, большая часть половозрелых особей была выловлена в водах

с придонной температурой 26,0–27,0 °С, а молодь – 22,0–24,0 °С (Левин и Камелов, 2004).

При осеннем охлаждении воды до 18,0–20,0 °С севрюга образует предзимовальные скопления (Легеза, 1972), а с понижением температуры воды до 10,0 °С она мигрирует из мест нагула к местам зимовки, преимущественно (до 65,6 % общей численности) в южные районы моря.

По приведённым литературным данным, при всей кажущейся эвритермности севрюги она, по мнению ряда авторов (Легеза, 1968, 1972; Зыкова, 2004а), является наиболее теплолюбивым видом из всех каспийских осетровых. По данным М.И. Легезы (1968, 1972), скопления и наибольшее число особей севрюги во всех участках моря встречены при наивысших значениях температур для данного месяца. Межвидовые различия в предпочитаемых температурах особенно отчётливо заметны летом. Если русский осётр встречался в северной части моря при колебании придонных температур от 9,3 до 23,5 °С, то температурный диапазон севрюги смещён в более высокие значения (14,0–28,3 °С). При осенней миграции из северной части моря севрюга начинала перемещаться на юг первой, в августе она держалась на мелководье у п-ва Аграханский. Зимой также прослеживалась избирательность температур у русского осетра и севрюги. Максимальное число особей русского осетра было обнаружено при придонных температурах 2,0–4,0 °С, а севрюги – 6,0–8,0 °С.

Сходная температурная избирательность у осетровых отмечена в работе А. П. Сливки и др. (2000) – весной 1999 г. севрюга встречалась при температуре придонной воды 12,1–14,0 °С, белуга – 11,1–13,0 °С, а русский осётр – 2,1–12,0 °С. Авторы пришли к выводу, что температурный режим Каспийского моря является одним из основных факторов, определяющих пространственно-временное распределение севрюги.

Другого мнения о влиянии температуры на распределение осетровых и, в частности, севрюги придерживались И. А. Пискунов (1965), А. В. Павлов и С. С. Захаров (1971), считая, что осетровые встречаются в водах с температурой, варьирующей в широких пределах 4,5–27,0 °С, а распределение в основном

обуславливается не температурой и солёностью воды, а глубиной и характером грунта, так как глубина и грунт определяют распределение донных животных, являющихся кормом для осетровых.

Наиболее полная картина связи распределения осетровых и глубины представлена в работе М.И. Легезы (1968, 1972) по материалам 1962–1969 гг., полученным во время проведения съёмок в средней, южной и частично, северной частях Каспийского моря. Было обнаружено, что севрюга зимой и ранней весной обитает на глубинах 25–45 м, а поздней весной и летом – 15–20 м. Весной наибольшее число особей было поймано на глубине 15–20 м, летом – на 8 м, а осенью и зимой – на 15-30 и даже на 50 м.

В западных районах северной части моря севрюга в апреле встречалась на глубинах 6–25 м, а в июне и июле – 6–17 м. В августе осетровые покидают этот район моря, мигрируя в среднюю часть моря, и наиболее плотные скопления оставшихся особей севрюги располагались в зоне 11–25 м (Легеза, 1972; Пискунов, 1965; Павлов и Захаров, 1971).

В средней части Каспийского моря у западного побережья севрюга встречалась зимой и ранней весной на глубине до 100 м, а у восточного побережья – до 50 м.

В южной части моря у западного побережья единичные особи севрюги встречались на глубинах 8–75 м. Весной наибольшее число её особей выловлено тралом на глубине 50 м, а летом – 15–16 м. В среднем весной и летом в этой части моря севрюга встречалась на глубинах 20–30 м. У восточного побережья она обнаружена в основном на глубине 6,5–50,0 м, изредка 60,0–75,0 м. Среднемесячные значения глубины обитания севрюги на протяжении года варьируют от 18 до 30 м с максимальными плотностями скоплений на глубинах 10,0–20,0 м (Легеза, 1968).

Отличия в распределении севрюги разных размеров и возраста в зависимости от глубины чётко не прослеживается, однако известно, что наиболее крупные особи придерживаются больших глубин, по-видимому, глубина является фактором, ограничивающим распределение (Пискунов, 1965).

Более поздние исследования подтвердили и уточнили связь распределения севрюги с глубиной мест нагула. Севрюга в весенний период в северной части Каспийского моря распределяется повсеместно, предпочитая районы многочисленных банок, островов и свалов банок с глубиной 2,1–10 м (Сливка и др., 2000; Зыкова, 2004 а).

В 2001–2002 гг. в северо-каспийских водах концентрации севрюги в первую половину лета наблюдались на глубинах 5–13 м, во вторую половину – с 12,8 до 25,0 м, что связано, по-видимому, с повышенным прогревом вод на мелководных участках северной части моря (Зыкова, 2004а).

Работы, посвящённые влиянию солёности воды на распределение севрюги в Каспийском море, немногочисленны. Это вероятно связано с тем, что осетровые являются эвригалинными и, следовательно, ярко выраженной зависимости от данного фактора не прослеживается. Севрюга встречается в широком диапазоне солёности: от 0,5 до 14,6 ‰ (Пискунов, 1965; Павлов, Захаров, 1971; Легеза, 1972). Солёность воды более 8 ‰ и температуре свыше 28,3 °С является губительной для севрюги (Металлов, 2002; Зыкова, 2004а).

Анализ литературных источников показал, что наиболее изучено влияние солёности воды на осетровых на первом году их жизни. По данным Р. Ю. Касимова (1980), морская вода с солёностью 5,0–7,5 ‰ на выработанные условные рефлексы не влияет, но при дальнейшем повышении солёности наблюдается нарушение условно-рефлекторных реакций. Молодь русского осетра волжской и куринской популяций в возрасте 1,5–2 мес. выживает при резком переводе из пресной воды в воду с солёностью более 10 ‰ (Касимов и др., 1966; Краюшкина, 1967; Беляева, Болдырев, 1967; Болдырев, 1974), а при предварительной адаптации и ступенчато возрастающей солёности сеголетки осетра без потерь выдерживают и до 14 ‰ (Краюшкина, 1967; Дюбин, Киселева, 1976).

Результаты ряда экспериментальных исследований показывают, что при различной солёности и резко выраженных её градиентах изменяется поведение и распределение молоди белуги и севрюги, сильно нарушается их двигательная и

пищевая активность (Сбикин, Лапина, 1982; Цветков, Сбикин, 1983). Высказано предположение, что резкий переход в зону с солёностью более 8 ‰ вызывает гибель сеголеток осетровых во время их ската из р. Урал в Каспийское море (Песериди и др., 1979). С увеличением температуры воды солеустойчивость молоди осетровых несколько снижается (Болдырев, 1973).

Данные литературы о связи распределения осетровых с насыщенностью воды кислородом и характером донного грунта в морской период жизни весьма скудны. Установлено, что севрюга может обитать при значительных колебаниях содержания кислорода у дна 42,5–131,1 ‰, а наибольшее число особей севрюги отмечено в северо-западной части Каспийского моря при содержании кислорода от 64,93 до 94,67 ‰ (Легеза, 1972).

Предпочтение осетровыми тех или иных грунтов вероятно связано с распределением кормовых организмов, приуроченных к определённому субстрату. Отмечено, что севрюга придерживается илистых и песчано-илистых грунтов, но может обитать на песчаных и ракушечных грунтах (Державин, 1922; Борзенко, 1942; Пискунов, 1965). В северной части моря она встречалась на песчаном и песчано-илистом грунтах. В средней части, на западном побережье, её излюбленным грунтом был песчанистый ил, а в районе восточного берега – песок. В южной части моря у обоих побережий она попадалась преимущественно на илистых и песчано-илистых грунтах, однако у восточного берега она заходила и на песчаные грунты (Легеза, 1972).

Анализ литературы показал, что исследователями не рассматривалось комплексное влияние факторов среды на распределение осетровых в Каспийском море или высказывались предположения о взаимосвязи некоторых факторов (температура – солёность, кормовые организмы – тип грунта). Таким образом, в настоящее время проблема влияния абиотических и биотических факторов на распределение севрюги в Каспийском море изучена недостаточно.

1.5. Методы оценки запасов осетровых в Каспийском бассейне

Один из первых методов оценки запаса осетровых был предложен А.Н. Державиным (1922), на примере данных по уловам севрюги р. Кура. Этот метод

основан на многолетних данных по возрастной структуре уловов, взятых из данного запаса. Численность поколения в некоторый предыдущий год приравнивается к сумме уловов из этого поколения в течение всех последующих лет промысла. Этот метод даёт заниженные оценки запаса, поскольку не учитывает естественную смертность, но он позволяет улавливать тенденции изменения запаса. Можно сказать, что он оценивает индексы запаса.

Первая попытка применить когортную модель для оценки численности русского осетра была предпринята Д. А. Васильевым с соавторами (Васильев, 2001; Vasilyev et al., 1989; 1990). С 1962–1964 гг. и до распада СССР промысел каспийских осетровых вёлся практически исключительно в реках во время нерестового хода, но осетровые рыбы нерестятся не каждый год, а определение межнерестового интервала представляет собой сложную задачу. Потому авторы разработали модификацию когортной модели, в которой промысловая смертность действовала не на всё поколение половозрелой части запаса, а только на некоторую его часть, определяемую продолжительностью межнерестовых интервалов, которые считались неизменными по годам.

Позднее сотрудники ФГБНУ «ВНИРО» и ФГБНУ «КаспНИРХ» обратились к когортным методам для оценки запасов осетровых рыб в 2004–2006 гг. (Бабаян и др., 2006а, б, в). Данные по возрастному составу уловов русского осетра и севрюги были доступны по 2003 г. включительно, для 2004 г. получены экстраполяцией. После распада СССР на запасы осетровых сильно возросло влияние нелегального промысла, который подорвал запасы как в море, так и в реке. С помощью когортной модели, основанной на данных по возрастному составу только официальных уловов русского осетра и севрюги был определён запас только части популяции, названной «условным промысловым запасом, который облавливается легальным промыслом в российской зоне». Для настройки модели были использованы численность и возрастная структура промыслового запаса по годам, оценённые по морским съёмкам за период 1985–2004 гг.

Так как с 2007 г. по настоящее время осетровые съёмки проводятся только в северо-западной части и на западном склоне средней части Каспийского моря,

был предложен (Булгакова и др., 2013, 2014а, 2014б) модифицированный метод расчёта необходимого количества тралений для получения оценки общей численности запаса осетровых с заданной точностью и доверительной вероятностью.

В настоящее время съёмки являются основным методом оценки численности запаса русского осетра в Каспийском море. Но в последние годы оценку запасов белуги и севрюги по съёмкам получить не удаётся, поскольку эти виды практически не попадают в тралы. Возрастной состав персидского осетра, полученный по морским съёмкам, ненадёжен из-за малой величины выборки.

Одним из вариантов прогнозирования биомассы или численности запаса осетровых с недостаточной информационной базой может быть регрессионный метод. Его можно рассматривать как частный случай экстраполяции временных рядов. Например, если для ряда предыдущих лет по траловым съёмкам оценены промысловые запасы (или нерестовые их части), то такой ряд можно аппроксимировать теоретической кривой (провести линию тренда) и, зная её параметры, экстраполировать эту кривую на 2 года вперёд. Такие расчёты были проведены во ВНИРО для каспийской севрюги в 2005 г. (Булгакова и др., 2016). Результаты показали, что полученная регрессия даёт заниженные оценки нерестового запаса для прогнозных лет, на самом деле скорость снижения фактических величин запаса с годами уменьшилась.

Зарубежные исследователи также пытались применить методы оценки запасов с недостаточной информационной базой. На основе временного ряда уловов севрюги по всему Каспийскому бассейну Йе и Валбо-Джоргенсен (Ye and Valbo-Jørgensen, 2012) попытались построить модель запаса севрюги Каспийского моря по методу DB-SRA (Depletion-based stock reduction analysis), разработанному Диком и Макколлом (Dick, MacCall, 2011). В результате они смогли оценить ретроспективную динамику промыслового запаса, смоделировать различные сценарии динамики запаса в заданный прогнозный период. По полученным результатам предполагаемых сценариев динамики запаса они пришли к заключению, что если нелегальное изъятие не остановить, то севрюга может

полностью исчезнуть в ближайшем будущем, а наличие искусственного пополнения от ОРЗ позволяет быстрее восстановиться севрюге как промысловому виду. Несмотря на достаточно серьёзную проведённую работу, к данному исследованию можно сделать несколько критических замечаний: авторы использовали коэффициент промыслового возврата (КПВ) (0,9 %) для оценки пополнения от искусственного воспроизводства, но эта оценка была получена только для волжской популяции севрюги, тогда как существуют уральская и южно-каспийская популяции, у которых КПВ может быть иным; при расчете пополнения запаса от искусственного воспроизводства от отдельно взятого поколения не учтён темп полового созревания. Процедура расчётов метода DB-SRA, при некоторой модификации её формулы, позволит учесть биологические особенности вида и получить более точные результаты модели запаса.

Подводя итоги анализа литературы, можно сказать, что некоторые аспекты в биологии севрюги Каспийского моря изучены недостаточно. В связи с сокращением численности севрюги в море из-за сильного антропогенного пресса (браконьерство) в настоящее время особенности распределения этого вида в Каспийском море могли измениться по сравнению с предыдущими десятилетиями (1960–1990-е гг.). К настоящему времени опубликован ряд статей (Романов и др., 2005; Кулиев и др., 2005; Зыкова и др., 2008; Журавлева и др., 2008; Зыкова и др., 2011), касающиеся особенностей современного распределения севрюги в море, но они содержат лишь разрозненные данные съёмки по отдельным годам. Не изучено сезонное распределение севрюги по районам моря в современный период. Также недостаточно изучено комплексное влияние факторов среды на распределение осетровых. Результаты применения ряда специализированных методов оценки запаса севрюги в условиях ограниченной информации по запасу неудовлетворительны. Наиболее перспективным методом является DB-SRA при условии внесения модификации его расчётной формулы, отражающей особенности запаса.

Таким образом, в настоящее время особую актуальность приобретают исследования закономерностей современного распределения севрюги в

Каспийском море и работы по усовершенствованию методов оценки запаса волжской популяции севрюги в условиях недостаточности информации.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования была севрюга (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771), обитающая в бассейне Каспийского моря.

Материалом для настоящей работы послужили результаты ежегодных сезонных траловых и сетных съёмок 2000–2015 гг. в Каспийском море и данные наблюдений за динамикой хода производителей севрюги в дельте реки Волги. Дополнительно в параграфе 3.3 использовали данные летних траловых съёмок 1992 и 1994 гг. в Каспийском море лаборатории осетровых рыб ФГБНУ «КаспНИРХ». Сбор материала выполнялся во время экспедиций Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ») в ходе выполнения плановых работ.

В ходе работ проводили ихтиологические, гидробиологические, гидрологические и статистические исследования. Объем собранного и обработанного материала представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Места сбора и объем собранного и проанализированного материала

Виды исследований	Способы исследования	Место исследования	
		Каспийское море	г. «10-я Огнёвка» р. Волга
		Количество, экз. рыб/пробы/траления/сетные постановки	Количество, экз. рыб
Ихтиологические	Контрольные траления	1 133 экз. рыб/5 781 тралений	–
	Контрольные сетепостановки	304 экз. рыб/211 сетных постановок	–
	Контрольный неводной лов	–	2747
Гидрологические	Измерение температуры придонного слоя воды	4 872 проб	–
Гидробиологические	Определение состава и биомассы бентоса	411 проб	–

Сбор ихтиологических данных проводился в соответствии с принятыми методиками (Инструкция по сбору..., 2011; Методики оценки запасов..., 2011).

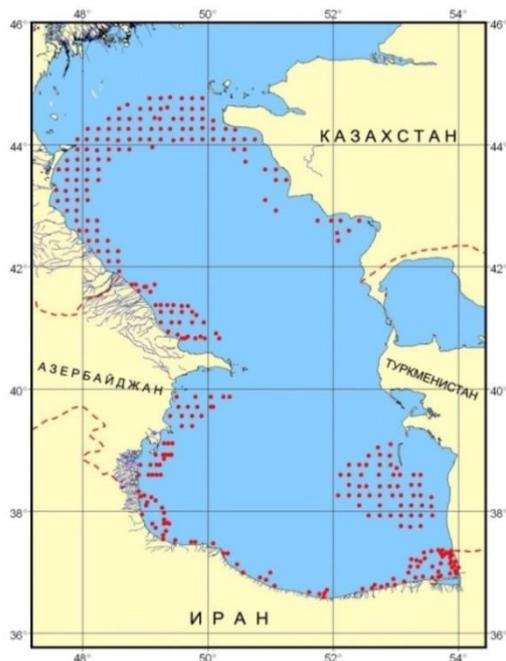
Исследования закономерностей распределения и динамики плотности скоплений севрюги в Каспийском море были разбиты на два периода: первый период, когда траловые съёмки проводились совместно с прикаспийскими государствами, второй период – только судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (таблица 4, рисунки 5, 6). Первая Всекаспийская морская экспедиция была выполнена в августе 2001 г. при поддержке TACIS (Technical Assistance for the Commonwealth of Independent States). В последующие годы, в соответствии с решениями шестнадцатого (Протокол от 6–8 декабря 2001 г.) и восемнадцатого (Протокол от 9–11 декабря 2002 г.) заседаний Комиссии по водным биоресурсам Каспийского моря, рекомендациями Постоянного Комитета CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) (1–2 ноября 2002 г., Сантьяго, Чили ПК 47, Док. 11), международного семинара «Методы оценки запасов осетровых и определения их ОДУ» (Астрахань, 12–14 марта, 2003 г.) с 2002 по 2006 гг. ежегодно проводили ежегодные зимние и летние Всекаспийские тралово-акустические съёмки. В последующем была разработана и подписана «Межгосударственная программа мониторинга по оценке численности, запасов и определения ОДУ осетровых Каспийского моря в 2004–2006 гг.». Начиная с 2006–2007 гг., вследствие завершения межгосударственных соглашений о проведении совместных зимних и летних съёмок, район исследований сократился до северо-западной мелководной, глубоководной северной части моря и западного склона средней части моря (Республика Дагестан) (рисунок 6). В последующих главах диссертационной работы эти районы моря для периода исследований 2005–2013 гг. будут именоваться как акватория Каспийского моря, обследованная судами ФГБНУ «КаспНИРХ».

Сводная информация по проведённым сезонным траловым осетровым съёмкам в обследованных частях Каспийского моря представлена в таблице 4. Съёмки проводили на научно-исследовательских судах, принадлежащих Российской Федерации, Исламской Республике Иран и Азербайджанской

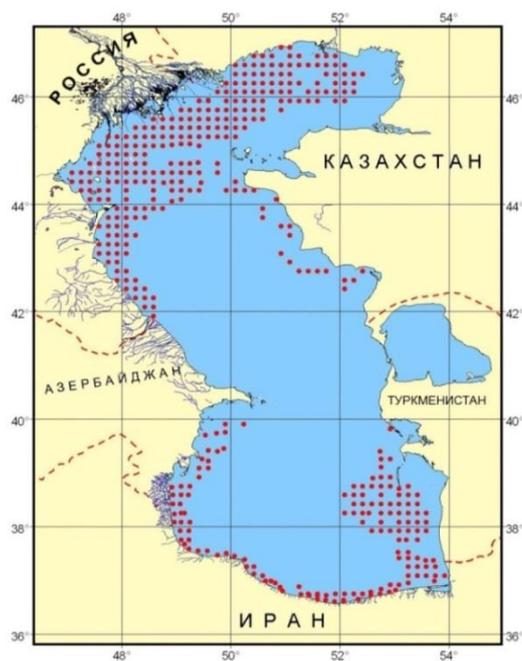
Республике. Российской Федерацией использовались суда типа РПС «Исследователь Каспия», РПС-300 «Прогноз» с мощностью двигателя от 300 до

Таблица 4 – Сезоны и обследованные районы проведения траловых осетровых съёмов в Каспийском море в 2000–2013 гг.

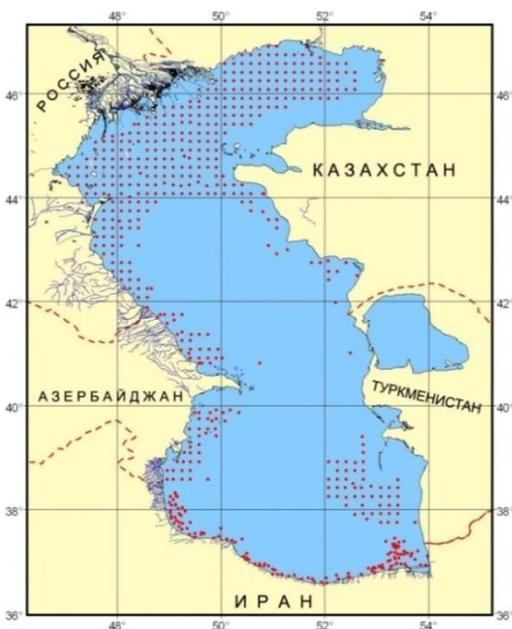
Период	Сезон	Обследованные части Каспийского моря
2003–2007 гг.	зима	глубоководная северная часть, средняя часть, южная часть
2000–2002 гг.	весна	мелководная северная часть
2002 г.	весна	глубоководная северная часть, средняя часть, южная часть
2005–2013 гг.	весна	северо-западная мелководная часть
2000–2007 гг.	лето	мелководная и глубоководная северная части, средняя часть, южная часть
2008–2013 гг.	лето	северо-западная мелководная и глубоководная северная части, западный склон средней части моря
2000–2005 гг.	осень	мелководная и глубоководная северная части
2006–2013 гг.	осень	северо-западная мелководная и глубоководная северная части



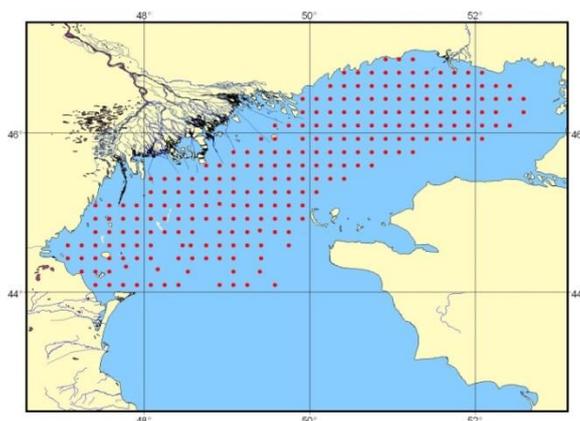
а



б



в



г

Рисунок 5. Схема расположения траловых станций осетровых съёмов в Каспийском море в 2000–2007 гг. Красным цветом отмечены траловые станции: *а* – зимняя сетка станций (2003–2007 гг.); *б* – весенняя сетка станций (2000–2002 гг.); *в* – летняя сетка станций (2000–2007 гг.); *г* – осенняя сетка станций (2000–2005 гг.)

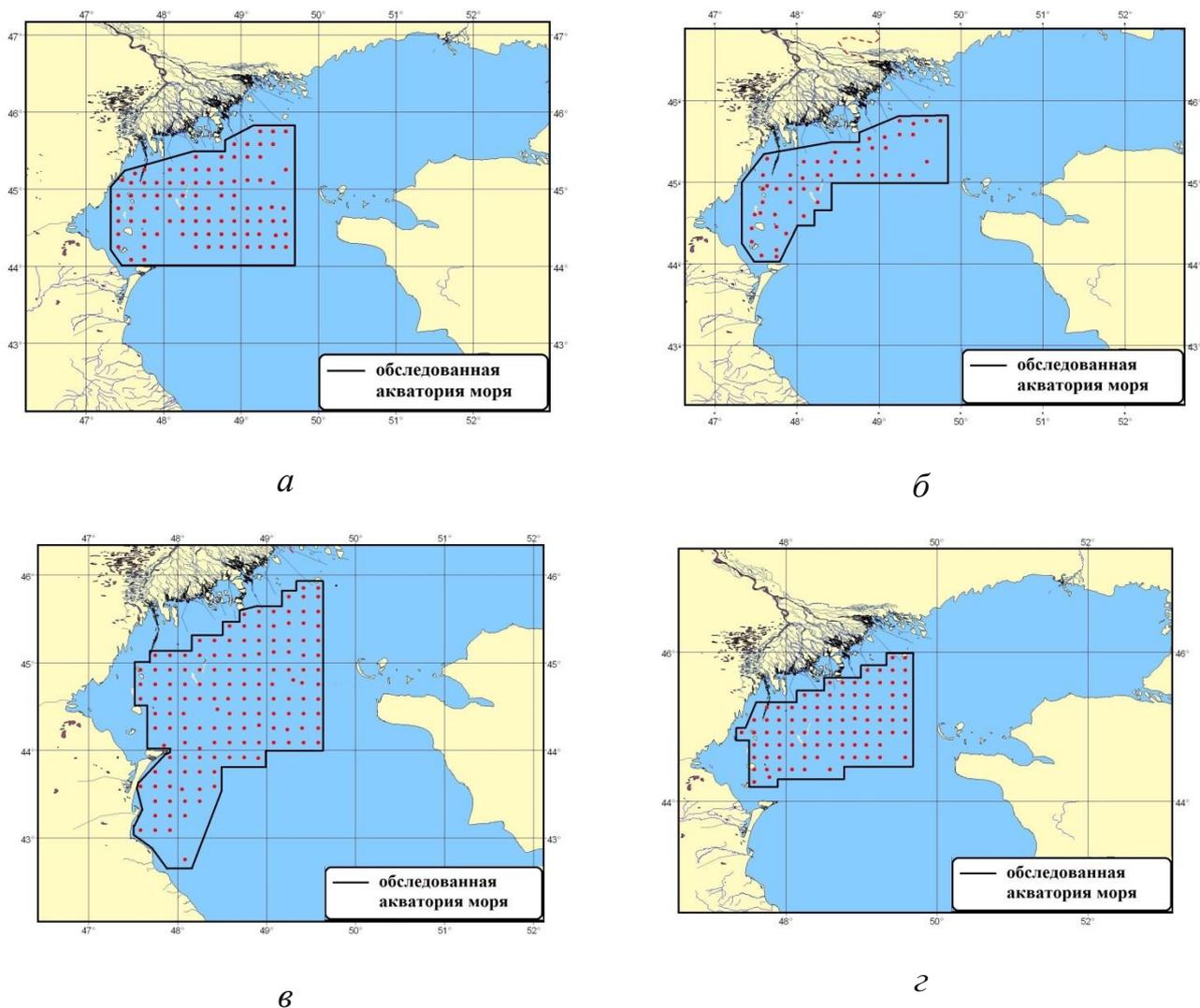


Рисунок 6. Схема расположения станций осетровых съёмок на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» в 2005–2013 гг. Красным цветом отмечены станции:
a – весенние траловые станции (2005–2013 гг.; *б* – весенние сетные станции (2005–2013 гг.; *в* – летние траловые станции (2008–2013 гг.; *г* – осенние траловые станции (2006–2013 гг.)

800 л.с. в районах моря с глубиной свыше 10,0 м, в мелководных частях моря (глубины менее 10 м) – на судах с мощностью двигателя от 150 до 250 л.с. (НИС «Гидробиолог» и НИС «Медуза»). Исламской Республикой Иран использовались суда типа СРТМ «Gilan» на глубинах свыше 10 м и судно «Si-Sara» на глубинах менее 10 м. Азербайджанской Республикой исследовались глубины от 10 м изобаты на судне «Али Гаджиев». Вовремя проведения осетровых съёмок судами Ирана и Азербайджана на борту находились представители Российской Федерации в качестве наблюдателей. Учётные траления выполняли донными

тралами: 24,7-м – в глубоководной северной, средней и южной частях Каспийского моря; 9,0-м – в мелководной северной части моря и в водах Иранской Республики с глубинами не более 10 м.

Сбор ихтиологических данных из траловых уловов осуществлялся по 2-м вариантам сетки траловых станций:

- 1 – равномерное (фиксированное) распределение станций (ФГБНУ «КаспНИРХ»);
- 2 – случайное распределение станций (рекомендации Food and Agriculture Organization (FAO)).

В северной, средней и юго-восточной частях Каспийского моря использовался 1-й вариант распределения траловых станций; в иранских и азербайджанских водах – 2-й вариант. Сетки траловых и сетных станций сезонных осетровых съёмок представлены на рисунках 5 и 6.

Картографическое представление распределения севрюги в Каспийском море осуществлено прикладной программой ArcView GIS, ver. 3.1.

В исследованиях весеннего распределения севрюги в 2005–2013 гг. и для оценки объёмов ННН-промысла в 2004–2015 гг. использовали данные сезонных сетных учётных съёмок на мелководной северо-западной части Каспийского моря. В качестве учётного орудия лова использовали порядок сетей с набором ячеи 70, 80, 90, 100 и 110 мм, длиной каждой сети 37 м и высотой 5 м. При проведении ежегодной весенней осетровой съёмки сетные порядки выставляли ежесуточно в ночное время в соответствии с сеткой станций (рисунок 6б). Для оценки ННН-промысла использовали данные, собранные в период проведения летних сетных учётных съёмок, порядок сетей выставляли в ночное время в местах предполагаемых наибольших скоплений севрюги.

При изучении распределения севрюги в Каспийском море мы вкладывали в понятие «распределение» смысл, сформулированный Р.П. Ходоревской, Г.И. Рубаном и Д.С. Павловым (2007а), т. е. распределение плотности скоплений вида в местах обитания. Это понятие характеризует распространение данного вида и количество особей на единицу площади или объёма воды в той или иной части его ареала. Последняя характеристика является относительной величиной и

выражается как число особей на единицу площади ареала или объёма воды. Отсюда следует, что распределение вида связано с общей численностью вида в исследуемом водоёме.

Плотность локальных скоплений севрюги на 10 000 м³ рассчитывали исходя из фактического улова за траление, объёма процеженной тралом воды и коэффициента уловистости используемых орудий лова. В основу расчётов положена преобразованная формула З.М. Аксютинной (Аксютинна, 1968):

$$N = \frac{10000 * n}{kV}, \quad (1)$$

где N – плотность скопления севрюги, экз./10 000 м³; n – улов за траление, экз.; k – коэффициент уловистости трала для севрюги; 10 000 – коэффициент; V – процеженный объём воды, м³.

Для расчёта объёма процеженной воды были использованы известные параметры технической эксплуатации и уловистости 9,0-м и 24,7-м тралов (Методики..., 2011). Вычисления проводились по следующей формуле:

$$V = l(t * \frac{v * 1852,0}{3600})h, \quad (2)$$

где V – объём процеженной воды, м³; l – горизонтальное раскрытие трала, м; t – время траления, с; v – скорость траления в узлах; h – вертикальное раскрытие трала, м.

Данные, использованные для расчёта плотности скоплений севрюги на 10 000 м³, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Эксплуатационные параметры, коэффициенты уловистости и режим траления 9,0-м и 24,7-м тралов для расчёта плотности скоплений севрюги на 10 000 м³ (Методики..., 2001)

Трал	Горизонтальное раскрытие трала (l), м	Время траления (t), с	Скорость траления (v), морской узел	Вертикальное раскрытие трала (h), м	Коэффициент уловистости (k)
9,0-м	5,8	1 800	3,0	1,5	0,07

24,7-м	17	1 800	3,0	4,5	0,1
--------	----	-------	-----	-----	-----

При описании распределения севрюги в море первичные данные траловых уловов по каждой станции, выполняемые по фиксированному варианту распределения станций (1-й вариант), были осреднены в соответствии с периодами наблюдений по годам. Для второго варианта сетки траловых станций (случайное распределение) вычисление среднего улова выполнялось объединением близлежащих станций, если расстояние между ними не превышало 3' (мин) по географической системе координат. Данный способ обработки первичных материалов позволил объединить большой объём данных в единый массив, выявить наличие ежегодно формирующихся локальных скоплений в обследованных районах моря, а по величине средней локальной плотности оценить степень значимости данного участка в период нагула за рассматриваемый период лет.

В период проведения сезонных траловых осетровых съёмок на траловых и сетных станциях определялась придонная температура воды в местах контрольного лова в соответствии с инструкцией РД 52.24.496-2005 «Температура, прозрачность и запах поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений». Этот материал использовался для выявления сезонной зависимости распределения плотности скоплений севрюги от температуры воды в Каспийском море.

Для изучения зависимости летнего распределения севрюги от количественных и качественных параметров зообентоса и температуры воды в мелководной северной части Каспийского моря в работе использовали гидробиологические и гидрологические материалы, собранные во время проведения летних осетровых съёмок в 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг. Первичные данные проб бентоса любезно предоставлены Л.В. Смирновой, сотрудником лаборатории гидробиологии ФГБНУ «КаспНИРХ».

Размерная и возрастная структура нерестовой части популяции севрюги была исследована по материалам, собранным во время её нерестовой миграции по

Главному банку р. Волги. Для оценки возрастной структуры использовался материал 2007–2012 гг., как наиболее репрезентативный за последнее десятилетие. Так как с 2005 г. введён мораторий на вылов осетровых, то возрастную структуру определили по линейно-возрастному ключу производителей севрюги, который был оценён по более ранним материалам (2000–2004 гг.) лаборатории осетровых рыб. Средняя масса производителей получена по материалам 2015 г.

Статистическая обработка материала и компонентный анализ (метод главных компонент) проводились на основе руководств А.В. Коросова (1996) и Э.В. Ивантера и А.В. Коросова (2011). Расчёты выполнялись в программной среде R Core Team (2016) с использованием пакетов {stats} и {ade4} (2007). Графическая визуализация статистических данных проводилась при помощи программных продуктов MS Excel 2010 и R Core Team (2016).

Метод локальной регрессии. Метод локальной регрессии относится к непараметрическим методам сглаживания и применяется, если по условию поставленной задачи исследования важна эффективная интерполяция значений переменной (y) с минимальной ошибкой, а конкретный набор оцениваемых параметров модели самостоятельного интереса не представляет. Реализацию метода локальной регрессии проводили по руководству, изложенному в работах Кливленда и др. (Cleveland et al., 1992) и С.Э. Мастицкого и В.К. Шитикова (2014).

Сглаживание динамики величин методом локальной регрессии представляет собой процедуру вычисления параметров линейной или полиномиальной (квадратичной) функций, выбираемых исследователем, для отдельно взятых участков кривой слева направо на оси x . Таким образом, получаемая модель регрессии имеет динамический функциональный характер, подстраиваемый под текущие значения предикторов.

Ширина окна участка каждого шага аппроксимации локальной регрессией принимается равной стандартному отклонению задействованных точек, т. е. не является фиксированной. Отсюда важным параметром данного метода является

степень сглаживания – $span = k / n$, где k – доля количества точек, используемых для подбора коэффициентов в окрестностях точки x ; n – общий объём выборки. Чем больше значение величины $span$, тем более плавная кривая получается в результате аппроксимации.

Метод локальной регрессии применялся в гл. 4 для сглаживания динамики оценённых объёмов ННН-промысла в Волго-Каспийском районе.

Оценка нелегального, неучтённого и неконтролируемого промысла севрюги в море по методу Власенко – Зыковой (2007 г.). Оценка ННН-промысла севрюги в северной части Каспийского моря в 2004–2015 гг. была проведена по методу, предложенному А.Д. Власенко и Г.Ф. Зыковой (2007 г.). Такие оценки регулярно представлялись в годовых отчётах и на Учёном совете ФГБНУ «КаспНИРХ» в 2010–2015 гг. Метод расчёта состоит в том, что, располагая общей длиной конфискованных сетных порядков в море и уловом осетровых в исследовательских (контрольных) сетях, можно оценить масштабы браконьерского изъятия в море.

Процедура расчётов следующая.

1. В северной части Каспийского моря выставляются контрольные сетные порядки с постоянным набором ячей в сетях, аналогичные браконьерским сетям, и известной длины сетного порядка. По полученным уловам оценивается относительный вылов севрюги на усилие за период лова по следующему выражению:

$$I_{\text{кон}} = \frac{C_{\text{кон}}}{E}, \quad (3)$$

где $I_{\text{кон}}$ – относительный улов на усилие в контрольных сетях; $C_{\text{кон}}$ – общий улов в контрольных сетях, экз.; E – количество сетепостановок.

2. Оценка браконьерского вылова севрюги проводится через соотношение относительного улова в контрольных сетях с известной длиной порядка, общей длиной конфискованных сетных порядков в море и количеством дней, которое выводится с учётом количества штормовых дней, возможных повреждения орудий лова, нормативов их служения на промысле, режима промысла и

периодичности их изъятия пограничными службами, активный период работы каждой браконьерской сети составляет не более 90 дней:

$$C_{\text{бр}} = \frac{I_{\text{кон}} L_{\text{бр}} t}{L_{\text{кон}}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{бр}}$ – величина браконьерского вылова, экз.; $L_{\text{бр}}$ – длина конфискованных сетей; t – количество дней активной работы сетей; $L_{\text{кон}}$ – длина контрольного порядка.

3. Зная величину браконьерского вылова, выраженную в экземплярах, и среднюю массу рыбы в контрольных сетных постановках, рассчитывается общая масса незаконно выловленной рыбы:

$$B_{\text{бр}} = C_{\text{бр}} W_{\text{кон}}, \quad (5)$$

где $B_{\text{бр}}$ – масса браконьерского изъятия; $W_{\text{кон}}$ – средняя масса рыбы в контрольных сетных постановках.

ГЛАВА 3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕВРЮГИ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

3.1. Сезонное распределение севрюги в Каспийском море

Распределение севрюги зимой 2003–2007 гг. По данным зимних Всекаспийских учётных осетровых съёмок в 2003–2007 гг., область распространения севрюги в Каспийском море простиралась от глубоководной северной части до южных районов моря, включая воды Исламской Республики Иран. Средняя плотность отдельных скоплений рыб в 2003–2007 гг. на обследованной акватории колебалась от 0,12 до 3,84 экз./10 000 м³. В рассматриваемый период особи этого вида формировали ежегодные скопления в одних и тех же районах моря. По результатам картирования распределения средней плотности севрюги зимой 2003–2007 гг. можно выделить несколько участков моря с повышенной плотностью скоплений рыб – глубоководная северная часть с водами, граничащими со средней частью моря, и южная часть, преимущественно воды, прилегающие к восточному склону (рисунок 7).

В глубоководной северной части моря севрюга формировала скопления высокой плотности, отмеченные южнее банок Кулалинская и Большая Жемчужная, в водах п-ва Мангышлак и восточнее о-ва Чечень. В этих районах средняя плотность отдельных локальных скоплений варьировала от 0,48 до 1,08 экз./10 000 м³ (рисунок 7).

Воды западного и восточного склонов средней части Каспийского моря в 2003–2007 гг. характеризовались низкой плотностью скоплений севрюги, которая зимой не превышала 0,72 экз./10 000 м³. Скопления этого вида зафиксированы у п-ва Аграханский, мысов Сагындык и Песчаный, сёл Макстедер, Хачмас и Бёюк-Гамья (рисунок 7). В период проводимых съёмок в заливе Казахский восточного склона средней части моря зимой не было обнаружено ни одной особи севрюги, в отличие от 1960-х гг.

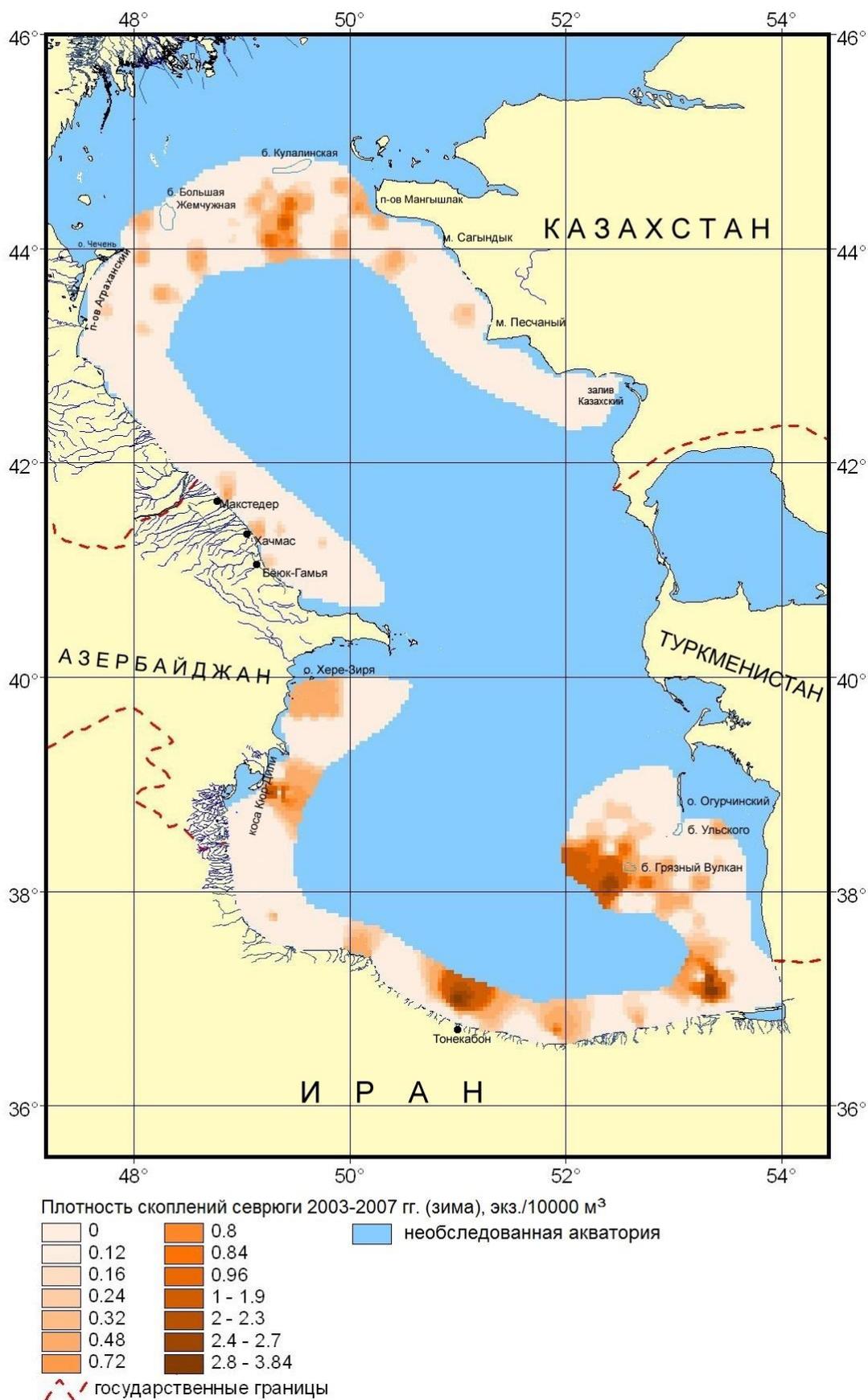


Рисунок 7. Распределение плотности скоплений севруги на обследованной акватории Каспийского моря зимой 2003–2007 гг., экз./10 000 м³

В водах западного склона южной части моря повышенная плотность скоплений севрюги была у косы Кюр-Дили со средней плотностью отдельных скоплений до 2,4 экз./10000 м³. Менее плотные скопления в этой части моря обнаружены южнее острова Хере-Зиря – до 0,48 экз./10 000 м³ (рисунок 7).

Зимнее распределение севрюги в водах, прилегающих к склону Иранского побережья, характеризовалось локальными скоплениями особей вдоль всего побережья, средняя плотность которых на обследованной акватории варьировала от 0,48 до 3,84 экз./10 000 м³. Эти скопления формировались на глубинах от 9,0 до 83,0 м. На меньших глубинах севрюга отсутствовала. Наибольшие её скопления обнаружены у устья р. Чешмекеле (г. Тонекабон) и в юго-восточной части акватории Ирана, с плотностью 2,88 и 3,84 экз./10 000 м³ соответственно (рисунок 7).

По данным зимних съёмок 2003 и 2002 гг., воды Туркменского склона, расположенного в юго-восточной части Каспийского моря, по-прежнему остаются одними из наиболее значимых для зимовки севрюги, как и в 1960–1980-х гг. Скопления высокой плотности (1,68–2,64 экз./10 000 м³) формировались западнее банки Грязный Вулкан (рисунок 7).

Распределение севрюги весной 2000–2002 гг. Результаты съёмок показали, что произошло частичное перераспределение основных концентраций севрюги в сравнении с предыдущими десятилетиями. Её скопления повышенной плотности в начале 2000-х гг. были расположены в мелководной северной и в южной частях моря. В водах западного и восточного склонов средней части моря количество локальных концентраций и их средняя плотность были невелики (рисунок 8).

Установлено, что весной скопления высокой плотности в мелководной северной части Каспийского моря севрюга образовывала у входа в Волго-Каспийский морской судоходный канал (ВКМСК) – основной путь нерестовой миграции осетровых в дельте р. Волги, в водах, прилегающих к о-вам Чистая банка и Малый Жемчужный, на свале Хохладского и южнее о-ва Укатный. В 2000–2002-х гг. наибольшие по плотности и площади скопления севрюга формировала в восточной мелководной части моря, где она осваивала до 7,83 тыс.

км² (акватория Уральской бороздины). Отмечались локальные скопления у входа в Урало-Каспийский канал, по которому проходят нерестовые миграции осетровых в р. Урал (Державин, 1922; Берг, 1948; Песериди, 1971; Иванов, 2000; Бокова, 2010; Иванов, Комарова, 2008; 2012). В целом, по всей мелководной северной части моря значения отдельных средних плотностей скоплений рыб варьировали от 1,97 до 17,7 экз./10 000 м³, а наибольшие по плотности скопления зафиксированы в южной части Уральской бороздины (рисунок 8).

Весной 2002 г. в глубоководной северной части моря плотность скоплений севрюги варьировала от 0,48 до 0,96 экз./10 000 м³. Они были отмечены в водах, прилегающих к п-ву Мангышлак, севернее банки Кулалинская и восточнее банки Большая Жемчужная (рисунок 8).

Весенняя Всекаспийская съёмка 2002 г. в средней части моря показала, что воды западного и восточного склонов в сравнении с прошлыми десятилетиями потеряли свою значимость как районы с высокой численностью севрюги в этот период года. Единичные концентрации низкой плотности (0,48–0,96 экз./10 000 м³) были отмечены в водах западного склона, прилегающих к п-ву Аграханский, устью р. Сулак и г. Избербаш, а на восточном склоне – у мыса Урдюк (рисунок 8). В более южных участках вод обоих склонов севрюга в уловах отсутствовала.

По материалам весенней съёмки 2002 г., воды западного склона южной части моря имели следующие особенности распределения севрюги. На участке от Апшеронского полуострова до устья р. Кура обнаружено только одно её локальное скопление с плотностью 0,48 экз./10 000 м³ (рисунок 8). Скопления большей плотности (до 0,96 экз./10 000 м³), отмечены южнее от устья р. Кура и далее вдоль косы Кюр-Дили.



Рисунок 8. Распределение плотности скоплений севрюги на обследованной акватории Каспийского моря весной 2000–2002 гг., экз./10 000 м³

В иранских территориальных водах наиболее значительные скопления севрюги наблюдались в юго-западной части прибрежных вод от Астары до Энзели с наибольшей плотностью 4,32 экз./10 000 м³ (рисунок 8). Вблизи устья р. Сефидруд и многочисленных мелких рек центральной части побережья Ирана и до залива Горган концентрации севрюги не превышали 1,44 экз./10 000 м³.

Весной 2002 г. основные скопления севрюги в водах восточного склона южной части Каспийского моря были расположены западнее и юго-западнее банки Грязный Вулкан и в водах, смежных с иранскими (рисунок 8). Наибольшая плотность скоплений севрюги на исследованной акватории достигала 2,88 экз./10 000 м³. Другие районы этой части моря характеризовались малочисленными локальными скоплениями плотностью до 0,48 экз./10 000 м³.

Распределение севрюги весной 2005–2013 гг. Результаты траловых съёмов, проведённых на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (рисунок 6а), выявили наиболее предпочитаемые севрюгой районы моря в северо-западной мелководной и глубоководной северной части Каспийского моря (рисунок 9). Высокие плотности скоплений этого вида отмечались в северо-западной мелководной части моря, а именно в прилегающих водах к острову Малый Жемчужный, западнее банки Средняя Жемчужная и севернее банки Большая Жемчужная, о-ва Чистая Банка и свала Сухобелинского. Средняя плотность скоплений севрюги на отдельных локальных участках моря варьировала от 0,48 до 3,93 экз./10 000 м³. В глубоководной северной части Каспийского моря выявлены устойчивые скопления рыб в районе банки Кулалинская и в водах, смежных со средней частью моря. В этой обследованной акватории средняя локальная плотность севрюги колебалась от 0,12 до 0,32 экз./10 000 м³.

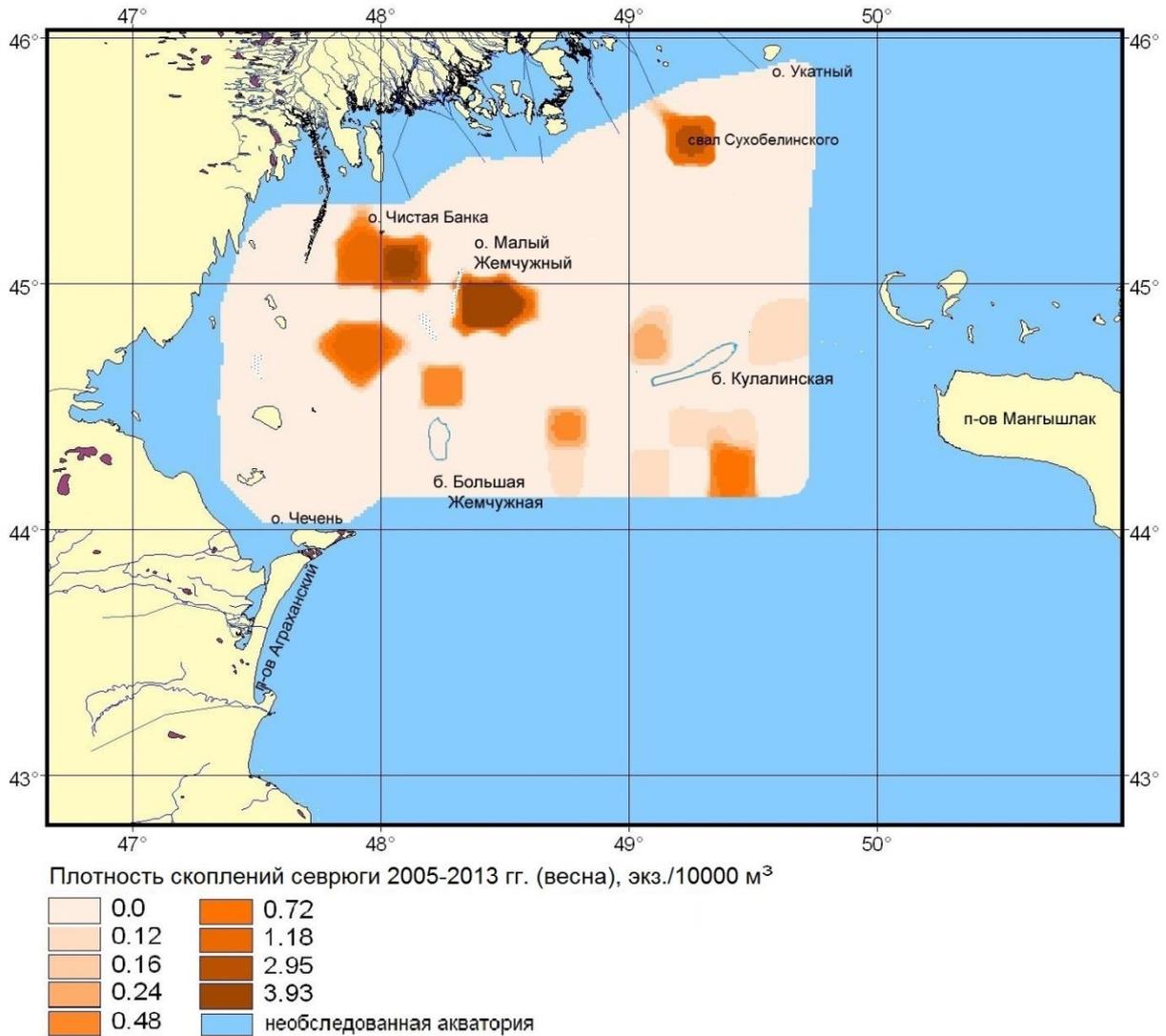


Рисунок 9. Распределение плотности скоплений севрюги на обследованной акватории Каспийского моря весной 2005–2013 гг., экз./10 000 м³

Многолетние исследования свидетельствуют о сокращении численности севрюги в Каспийском море. В период с 2005 по 2013 гг. её численность в северо-западной части и на западном склоне средней части Каспийского моря упала с 4,9 до 1,19 млн экз. (Сафаралиев, 2012; Довгопол и др. 2015). Это повлияло на точность оценок по весенним траловым съёмкам в северной части Каспийского моря, когда при невысокой численности рыб количество результативных тралений сокращается, и получаемая картина распределения недостаточно показательна. Для выявления более полной картины по распределению севрюги в мелководном районе западной части моря были привлечены данные сетных ловов

2005–2013 гг., проводимых параллельно с весенней траловой съёмкой на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (рисунок 6б). На рисунке 10 дано распределение плотности севрюги в северной части Каспийского моря весной 2005–2013 гг., характеризующее количество рыб, пойманных за одну сетепостановку.

Данные (2005–2013 гг.) по сетным станциям частично подтвердили полученные ранее результаты траловых съёмок о предпочитаемых севрюгой районах в весенний период – это акватории о-ов Чистая Банка и Малый Жемчужный, свал Сухобелинского (рисунок 10). Дополнительно установлено, что особи этого вида отмечены на всём протяжении вод, прилегающих к авандельте р. Волги: от входа в Волго-Каспийский канал до свала о-ва Укатный, где наблюдались наибольшие значения относительной численности рыб в сетных орудиях лова – 8,0–9,3 экз./сетепостановку.

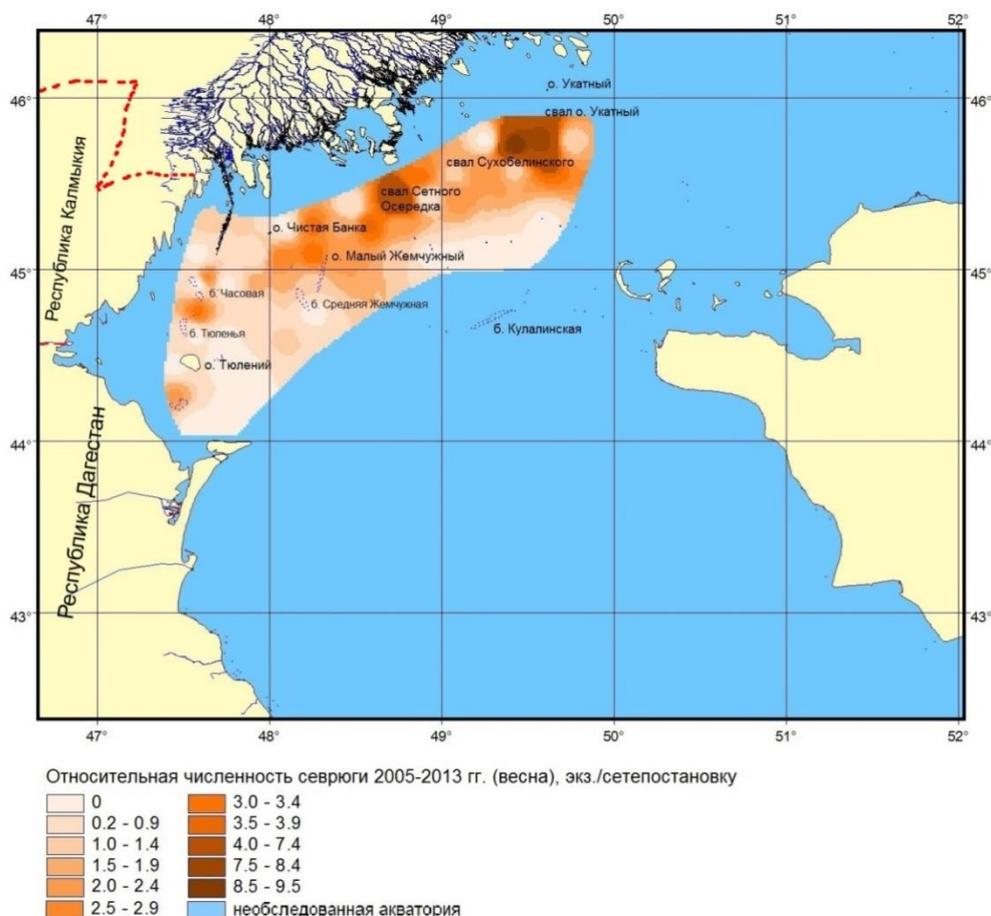


Рисунок 10. Распределение плотности скоплений севрюги на обследованной части Каспийского моря весной 2005–2013 гг., экз./сетепостановку

Результаты сетных съёмок 2005–2013 гг. позволили установить миграционные пути севрюги от мест зимовки к местам летнего нагула. Выявленные скопления мигрирующих рыб южнее о. Тюлений и района банок Тюленья и Часовая, севернее банки Средняя Жемчужная и у о-ва Малый Жемчужный показали, что миграция севрюги из глубоководного северного района и западного склона средней части моря происходит двумя миграционными трассами – вдоль западного берега моря у побережья республик Дагестан и Калмыкия и через прилегающие воды к банке Средняя Жемчужная и острова Малый Жемчужный (рисунок 10).

Распределение севрюги летом 2000–2007 гг. Результаты летних траловых съёмок в 2000–2007 гг. показали, что севрюга осваивала практически всю мелководную северную часть Каспийского моря (рисунок 11). Устойчивые нагульные концентрации севрюги протянулись от о-ва Тюлений до входа в Урало-Каспийский канал: о-ва Тюлений, Чистая Банка и Малый Жемчужный, выходы банков Белинский и Кировский, свалы Хохлатского и о-ва Укатный, вся Уральская бороздина. Средние значения локальных плотностей за период 2000–2007 гг. варьировали от 0,19 до 7,87 экз./10 000 м³.

Проведённые летние траловые съёмки в глубоководной северной части Каспийского моря в 2002–2007 гг. выявили мозаичность распределения севрюги (рисунок 11). Выделялись четыре крупных скопления: 1) южнее банки Большая Жемчужная и восточнее о-ва Чечень; 2) восточнее банки Большая Жемчужная; 3) западнее банки Кулалинская; 4) юго-западнее о-ва Кулалы. В этих местах плотность летних нагульных скоплений составляла от 0,08 до 0,48 экз./10 000 м³. Наибольшие локальные средние плотности севрюги выявлены у о-в Чечень и Кулалы.

Исследования 2000–2007 гг. в средней части Каспийского моря подтвердили установленные в 1960–1980-х гг. закономерности летнего распределения севрюги в этой части моря (рисунок 11). На большей части обследованной акватории севрюга малочисленна и её нагульные площади невелики. Как и в прошлые десятилетия, наиболее привлекательными для летнего нагула севрюги были воды,

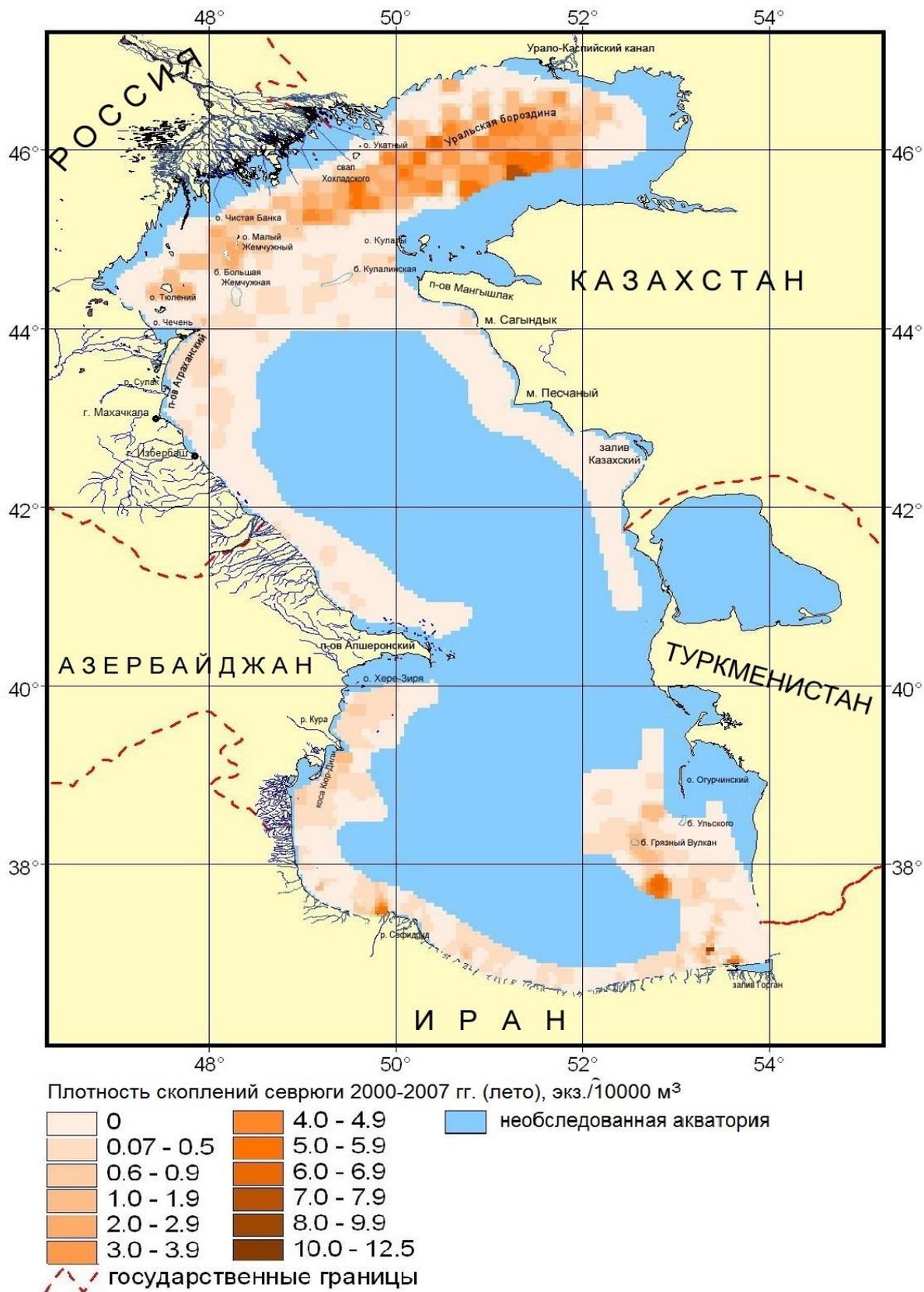


Рисунок 11. Распределение плотности скоплений севруги в Каспийском море летом 2000–2007 гг., экз./10 000 м³

прилегающие к п-ву Аграханский, который расположен в водах западного склона средней части Каспийского моря. В этих водах отмечены наибольшие значения плотности, достигавшие до 0,69 экз./10 000 м³. На участке р. Сулак – г. Махачкала – г. Избербаш скопления рыб были малой плотности – 0,10–0,16 экз./10 000 м³. Южнее г. Избербаш и до г. Дербента в 2000–2007 гг. севрюга в уловах не встречалась. У побережья Республики Азербайджан скопления севрюги были незначительны с плотностью 0,10–0,24 экз./10 000 м³ (рисунок 11).

Наименьшая плотность скоплений севрюги в средней части Каспийского моря в 2000–2007 гг., по данным летних траловых съёмок, наблюдалась на восточном склоне. В этот период локальные скопления севрюга формировала только в водах, прилегающих к мысу Сагындык, со средней плотностью за период исследований 0,16 экз./10 000 м³.

Летом 2001–2006 гг. севрюга была широко распространена в обследованных районах в южной части Каспийского моря.

В водах, прилегающих к западному склону южной части моря, в 2001–2006 гг. скопления севрюги формировались – от о-ва Хере-Зиря до г. Астара. Средние локальные плотности её скоплений в эти годы варьировали от 0,12 до 0,96 экз./10 000 м³ (рисунок 11). Наибольшая плотность скоплений севрюги отмечена у устья р. Кура, которая являлась одной из основных её нерестовых рек в южной части моря (Державин, 1922; Борзенко, 1932, 1961, 1964; Магерамов, 2000). Большая часть особей этого вида осваивала глубины менее 100 м. Единичное скопление рыб на глубине 150 м обнаружено на около косы Кюр-Дили со средней плотностью за период исследований 0,24 экз./10 000 м³.

Результаты, полученные во время проведения осетровых съёмок в водах, прилегающих к склону иранского побережья в 2001, 2004–2006 гг., показали, что скопления севрюги формируются вдоль всей обследованной акватории со средними локальными плотностями 0,16–12,48 экз./10 000 м³ на глубинах не более 100 м (рисунок 11). Наибольшие плотности её скоплений обнаружены у устья р. Сефидруд и на востоке иранских вод, где они варьировали от 5,9 до 12,48 экз./10 000 м³.

Основные нагульные концентрации севрюги летом 2001–2005 гг. в водах восточного склона южной части моря формировались в районах, расположенных от банки Ульского до банки Грязный Вулкан и южнее к иранским водам (рисунок 11). Средняя плотность её скоплений рыб здесь составляла 0,10–6,24 экз./10 000 м³. Единичные скопления севрюги обнаружены западнее о-ва Огурчинский, их средняя плотность составляла 0,12–0,16 экз./10 000 м³.

Распределение севрюги летом 2008–2013 гг. В 2008–2013 гг. летние траловые осетровые съёмки, проведённые на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (рисунок 6в), выявили сокращение летних нагульных площадей и плотности скоплений севрюги на отдельных участках моря. Установлено, что в северо-западной мелководной части Каспийского моря распределение устойчивых скоплений севрюги было мозаичным, в отличие от 2000–2007 гг., когда особи этого вида осваивали практически всё мелководье с глубинами до 10,0 м (рисунок 12). В 2008–2013 гг. площадь скоплений севрюги значительно сократилась. Концентрации этого вида были обнаружены в водах, прилегающих к о-вам Чистая Банка и Малый Жемчужный, на свалах глубин Сухобелинского и Белинского банков. Средняя локальная плотность за период исследований скоплений варьировала от 0,08 до 3,93 экз./10 000 м³ с наибольшим значением у северной оконечности о-ва Малый Жемчужный.

В глубоководной северной части моря севрюга была представлена малочисленными, небольшими по площади скоплениями у банки Кулалинская и в центральной части этого района. Средняя плотность отдельных скоплений за период исследований составляла не более 0,08 экз./10 000 м³. Максимальная плотность здесь, как и в 2000–2007 гг., была на восточном склоне о-ва Чечень и составляла 0,24 экз./10 000 м³ (рисунок 12).

Характер летнего распределения севрюги в водах западного склона средней части Каспийского моря в 2007–20013 гг. не претерпел существенных изменений в сравнении с предыдущими годами исследований. На этом участке моря вид малочислен и его нагульные площади невелики. Наибольшие плотности

скоплений отмечены у о-ва Чечень, т. е. в районе смежном с глубоководной северной частью моря. Средняя плотность здесь составила 0,32 экз./10 000 м³. В 2000-2007 гг. она была вдвое выше – 0,69 экз./10 000 м³. Плотность скоплений севрюги у п-ва Аграханский и устья р. Сулак не превышала 0,19 экз./10 000 м³ (рисунок 12).

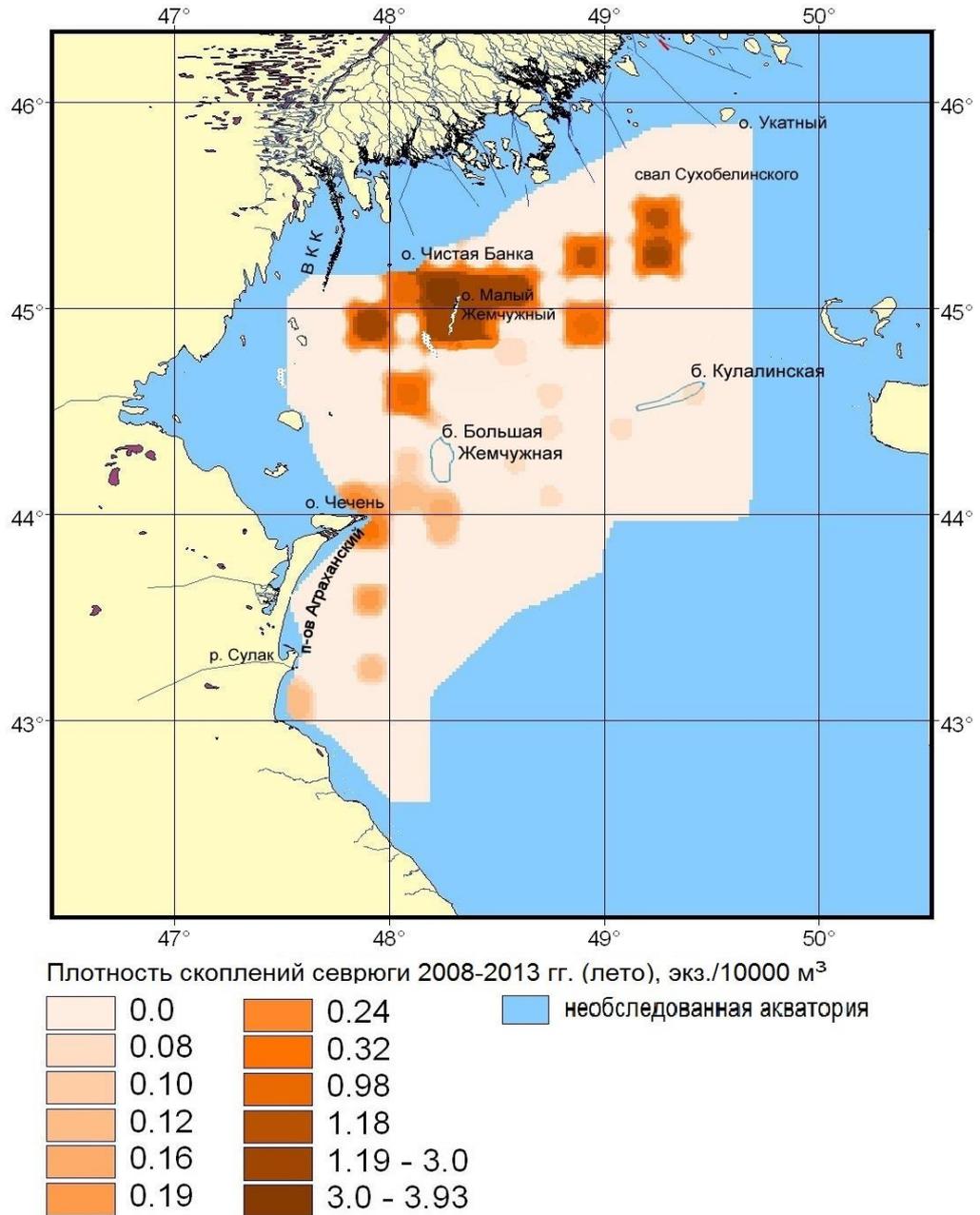


Рисунок 12. Распределение плотности скоплений севрюги в Каспийском море летом 2008–2013 гг., экз./10 000 м³

Распределение севрюги осенью 2000–2005 гг. По результатам осенних траловых съёмов 2000–2005 гг. в северной мелководной части моря установлено, что плотность скоплений и нагульные площади севрюги осенью были меньше, чем летом 2000–2007 гг. Её распределение было мозаично и представлено локальными скоплениями, протянувшимися от о-ва Тюлений на восток до Уральской борозды, со средней плотностью до 0,48–5,9 экз./10 000 м³ (рисунок 13). В северо-западной части скопления наибольшей плотности обнаружены в водах, прилегающих к о-вам Тюлений, Малый Жемчужный и Укатный. В северо-восточной мелководной части моря скопления разрежены с небольшим увеличением их встречаемости в южном районе Уральской бороздины.

Осенние скопления севрюги в глубоководной северной части Каспийского моря, по результатам съёмов 2002–2003 гг., формировались в водах, прилегающих к банке Кулалинская, при средней их плотности за период исследований 0,24–0,48 экз./10 000 м³. Наибольшая плотность скоплений была обнаружена южнее банки Большая Жемчужная и составляла 1,44 экз./10 000 м³ (рисунок 13).

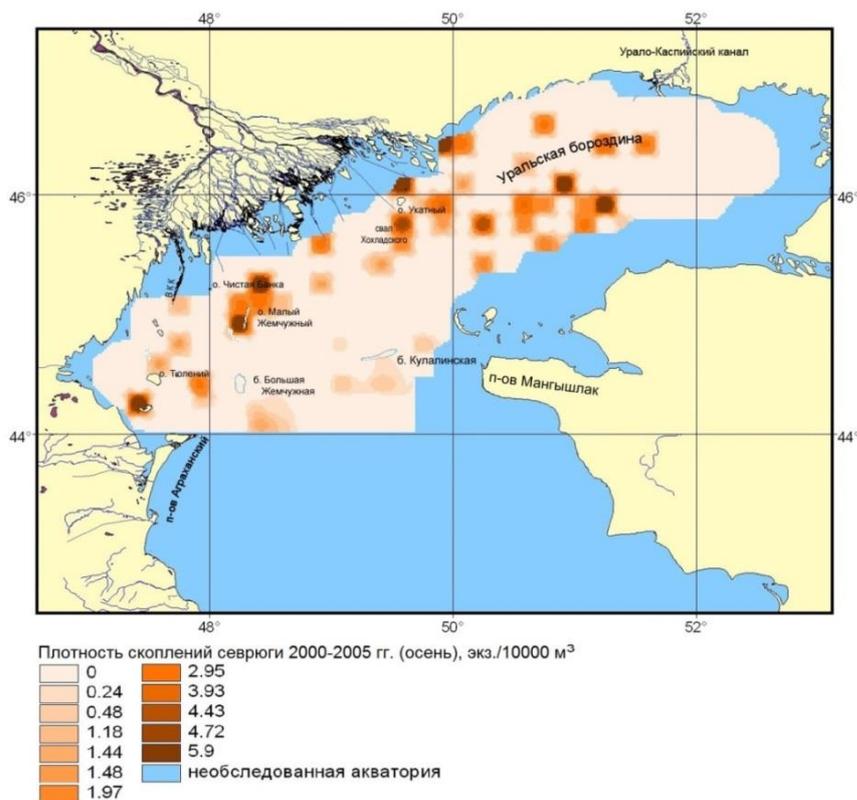


Рисунок 13. Распределение плотности скоплений севрюги в Каспийском море осенью 2000–2005 гг., экз./10 000 м³

Распределение севрюги осенью 2006–2013 гг. Осенними траловыми съёмками в мелководной северо-западной части Каспийского моря установлено, что плотность скоплений севрюги и их площадь значительно сократились, по сравнению с осенью 2000–2005 гг. Скопления были обнаружены западнее банки Средняя Жемчужная, севернее о-ва Малый Жемчужный, у входа в Кировский банк и южнее свала Хохлатского (рисунок 14). Средняя плотность отдельных скоплений на участках моря варьировала от 0,84 до 2,95 экз./10 000 м³.

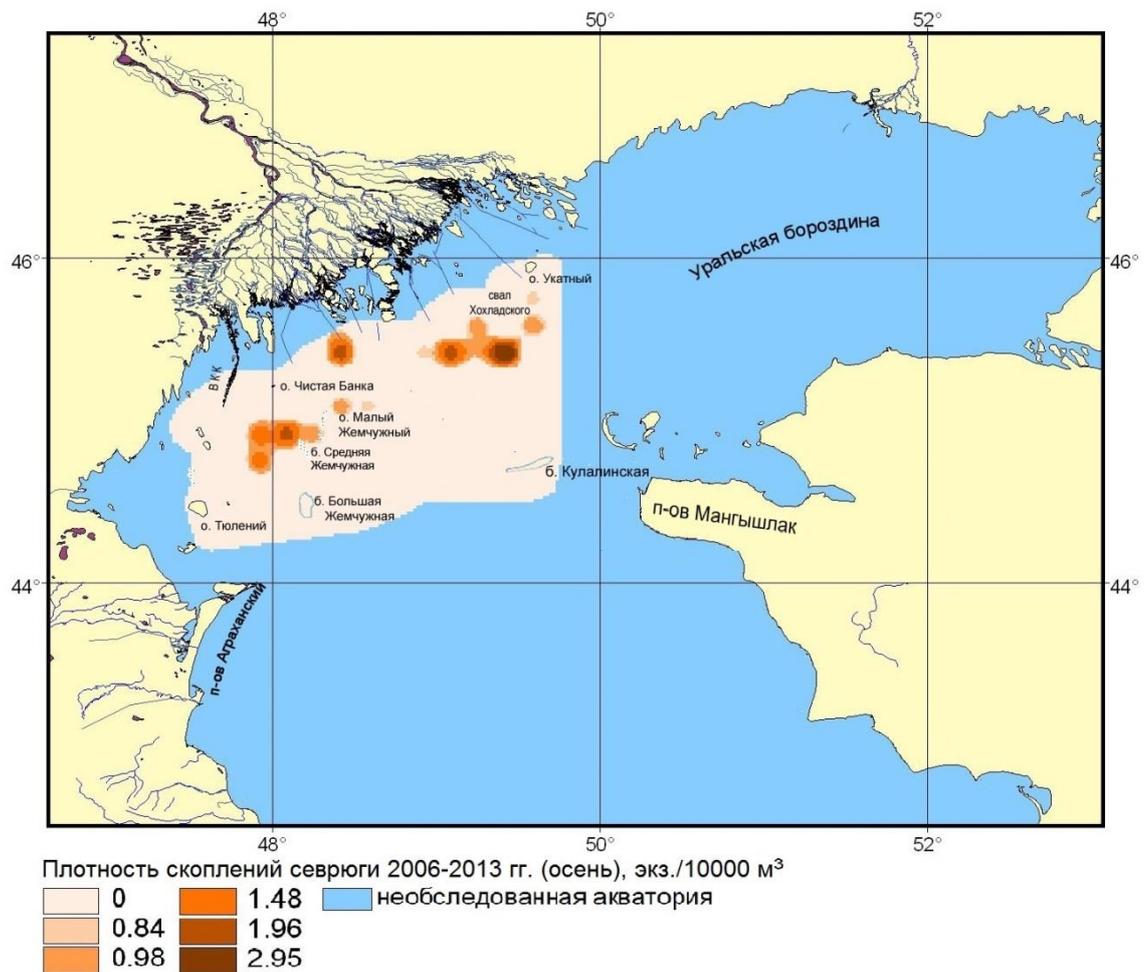


Рисунок 14. Распределение плотности скоплений севрюги в Каспийском море осенью 2006–2013 гг., экз./10 000 м³

Подводя итоги анализа результатов траловых съёмок, проведённых в 2000–2008 гг., можно утверждать, что севрюга осваивала практически всю обследованную часть Каспийского моря, за исключением вод, прилегающих к восточному склону средней части моря от мыса Песчаный до залива Казахский,

где за весь период исследований не обнаружено ни одной особи этого вида. Основные места скоплений севрюги круглогодично с относительно высокими плотностями наблюдались в северной и южной частях Каспийского моря.

Плотность скоплений и их площадь изменяются в течение года, что согласуется с современными представлениями об особенностях сезонных миграций каспийской севрюги. Осенью она мигрирует из северной части моря в среднюю и южную части, а весной, наоборот, из южной и средней частей в северную (Борзенко, 1942; Державин, 1947; Пискунов, 1965; Шубина, 1972, 1974; Легеза, 1973; Пальгуй, 1986; Shubina et al., 1989; Ходоревская и др., 2007а; Сафаралиев, Зыкова, 2010а; Сафаралиев, Зыкова, 2010б; Зыкова, Коноплева, 2011; Лепилина и др., 2011; Сафаралиев, 2012; Ходоревская и др., 2014а).

Весной в мелководной северной части Каспийского моря севрюга, идущая на нерест, появляется в предустьевых пространствах рр. Волга и Урал, общая площадь её скоплений составляла около 14,4 тыс. км². Летом плотность скоплений особей этого вида возрастала. Устойчивые летние нагульные концентрации наблюдались от о-ва Тюлений до Уральской бороздины, занимая суммарную площадь около 38,8 тыс. км² мелководной части. Осенью нагульные площади сокращались до 9,8 тыс. км², а плотность скоплений не превышала 5,9 экз./10 000 м³.

В глубоководных районах северной части моря зимой площадь зимовальных скоплений составляла 2,9 тыс. км². По мере миграции в мелководную часть весной площадь скоплений сокращалась до 1,6 тыс. км³, а летом – снова увеличивались до 4,8 тыс. км³. Осенью севрюга занимала наименьшую площадь в этой части моря – около 0,96 тыс. км².

Установлено, что плотность скоплений севрюги и их площадь в средней части Каспийского моря, по сравнению с другими исследованными частями моря, минимальны в течение большей части года (зимой, весной и летом). Основные места концентраций севрюги в этой части моря не изменились. Как и было отмечено ранее (Пискунов, 1965; Легеза, 1973; Павлов, Захаров, 1971; Пальгуй, 1986; Легеза и др., 1989), наиболее плотные скопления формировались у п-ва

Аграханский и у восточной оконечности о-ва Чечень, но их плотность с годами сокращалась. Снизилась плотность скоплений и на восточном склоне средней части моря.

В южной части моря зимой, весной и летом севрюга осваивала все прибрежные воды, но плотность и площадь скоплений были неодинаковы в разных районах этой части моря. Зимой площадь зимовальных концентраций на западном склоне составляла около 5,0 тыс. км², в водах вдоль иранского побережья площадь скоплений севрюги была около 6,0 тыс. км², а скопление наибольшей площади наблюдалось на восточном склоне – 9,3 тыс. км². Весной площадь концентраций севрюги на восточном склоне сокращалась до 6,5 тыс. км² в связи с перераспределением рыб в воды иранского и западного склонов, где общая площадь скоплений составляла 12,7 тыс. км². Эта особенность её поведения была отмечена в более ранних исследованиях. Было установлено, что севрюга в конце зимы, но чаще ранней весной, мигрировала к местам размножения вдоль иранских берегов с восточного склона южной части моря, сосредотачиваясь в больших количествах на юго-западной части Каспийского моря (Легеза, 1973).

Обобщение данных о сезонном распределении севрюги в 2005–2013 гг. на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (рисунок б), показало, что наиболее значимыми в северо-западной мелководной части Каспийского моря весной, летом и осенью являются воды, прилегающие к о-вам Чистая Банка и Малый Жемчужный. Как и в предыдущие годы, отмечена сезонная динамика величины нагульных площадей, занимаемых севрюгой. Весной севрюга занимает около 2,8 тыс. км², летом нагульные площади увеличивается до 5,2 тыс. км². Осенью, в связи с миграцией в среднюю и южную часть моря, площади, используемые севрюгой, вновь сокращаются до 2,8 тыс. км².

Таким образом, современные данные о сезонном распределении севрюги в 2000–2013 гг. подтвердили ранее сформулированное положение о том, что оно характеризуется стабильной локализацией мест концентрации и нестабильной плотностью скоплений рыб, зависящей от их численности (Ходоревская и др.,

2007а; Ходоревская и др., 2014а), которая на протяжении последних лет катастрофически снижалась.

3.2. Межгодовые изменения сезонной динамики распределения плотности скоплений севрюги

Межгодовая динамика плотности скоплений севрюги в зимний период.

На обследованной акватории Каспийского моря за период 2003–2007 гг. наблюдалось уменьшение средней плотности скоплений зимой: в северной части моря в 26 раз, в средней – в 2 раза, и в южной – 1,3 раза. Средняя плотность скоплений севрюги по всей этой акватории за 4 года сократилась в 4,8 раза. Установлено, что наиболее многочисленные скопления севрюги находятся в северной и южной частях моря, где их средняя плотность в 2003–2007 гг. составила $0,14 \pm 0,04$ и $0,24 \pm 0,04$ экз./10 000 м³ соответственно, в средней части моря этот показатель был ниже (таблица 6).

Таблица 6 – Средние значения плотности скоплений севрюги на обследованной акватории Каспийского моря в зимний период (2003–2007 гг.), экз./10 000 м³

Годы	Глубоководная северная часть моря	Средняя часть моря	Южная часть моря	Среднее по всей обследованной акватории
2003	$0,52 \pm 0,16$	$0,08 \pm 0,03$	$0,28 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,04$
2004	$0,12 \pm 0,05$	$0,16 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,06$	$0,18 \pm 0,04$
2005–2006	$0,08 \pm 0,05$	$0,08 \pm 0,04$	н/д	$0,08 \pm 0,03$
2007	$0,02 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,06$	н/д	$0,05 \pm 0,03$
Среднее	$0,14 \pm 0,04$	$0,11 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,04$	$0,17 \pm 0,02$

Межгодовая динамика плотности скоплений севрюги в весенний период. Изменения по годам средней плотности скоплений севрюги на обследованной акватории северной части Каспийского моря весной в 2000–2002 гг. обусловлены колебанием сроков начала её весенних миграций особей из глубоководного района северной частей моря в мелководный (таблица 7).

Средняя плотность скоплений в 2000–2001 гг. в мелководной части была выше, чем в 2002 г. в 5,7 и 5,2 раза соответственно (таблица 7).

Падение численности севрюги на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (рисунок 6а, б), более чем в 4 раза за период 2005–2013 гг. (Сафаралиев, 2012; Довгопол и др. 2015) повлияло на результативность траловых съёмов в северной части Каспийского моря. В отдельные годы при малом количестве особей, осваивающих весной мелководный район, траления были нерезультативны (таблица 7).

Таблица 7 – Средние значения плотности скоплений севрюги на обследованной акватории северной части Каспийского моря в весенний период (2000–2013 гг.), экз./10 000 м³

Годы	Северная мелководная часть			Северная глубоководная часть	Среднее по всей обследованной акватории
	западная часть	восточная часть	среднее		
2000	0,83 ± 0,28	0,95 ± 0,33	0,92 ± 0,22	н/д	0,92 ± 0,22
2001	0,63 ± 0,26	1,18 ± 0,42	0,83 ± 0,23		0,83 ± 0,23
2002	0,12 ± 0,09	0,18 ± 0,11	0,16 ± 0,07	0,20 ± 0,05	0,18 ± 0,06
2003	н/д				
2004					
2005	0,30 ± 0,28	н/д	0,30 ± 0,28	0,13 ± 0,06	0,20 ± 0,13
2006	0		0	0,05 ± 0,03	0,04 ± 0,02
2007	0,28 ± 0,20		0,28 ± 0,20	0,01 ± 0,01	0,20 ± 0,14
2008	0,30 ± 0,30		0,30 ± 0,30	н/д	0,30 ± 0,30
2009	0		0	0	0
2010	0		0	0,03 ± 0,03	0,02 ± 0,02
2011	0		0	0	0
2012	0		0	0	0
2013	0,53 ± 0,30		0,53 ± 0,30	0,034 ± 0,02	0,18 ± 0,15

В целом можно констатировать, что средняя плотность скоплений севрюги в северной части Каспийского моря на обследованной акватории уменьшилась в течение 2000–2002 гг. (таблица 7). В 2005–2013 гг. наблюдались значительные колебания средней плотности (0,02–0,30 экз./10 000 м³), которые объясняются

неполным обследованием северной части моря (отсутствуют данные по восточной мелководной северной части моря). Также на неопределённость полученных показателей повлияло падение численности популяции севрюги в Каспийском море, сопровождавшееся уменьшением вероятности поимки рыбы в контрольных траловых орудиях лова до нулевых значений в отдельные годы в западной мелководной северной части моря (таблица 7).

Межгодовая динамика плотности скоплений севрюги в летний период.

Межгодовая динамика плотности скоплений севрюги в летний период в мелководной северной части Каспийского моря характеризуется её возрастанием с 2000 по 2001 гг. и последующим снижением в 2002–2006 гг. В 2006 и 2007 гг. наблюдалось увеличение этого показателя до уровня 2000 г. (таблица 8).

Таблица 8 – Средние значения плотности скоплений севрюги на обследованной акватории северной части Каспийского моря в летний период 2000–2007 гг. (экз./10 000 м³)

Годы	Северная мелководная часть моря		Среднее по северной мелководной части	Глубоководная северная часть моря
	западная часть	восточная часть		
2000	0,95 ± 0,33	2,95 ± 0,82	1,97 ± 0,46	н/д
2001	2,9 ± 0,74	2,81 ± 0,55	2,86 ± 0,46	
2002	1,19 ± 0,39	2,42 ± 0,43	1,85 ± 0,30	0,04 ± 0,04
2003	0,71 ± 0,25	1,01 ± 0,31	0,88 ± 0,20	0,08 ± 0,03
2004	0,18 ± 0,12	0,88 ± 0,24	0,59 ± 0,15	0,11 ± 0,03
2005	0,30 ± 0,15	0,53 ± 0,26	0,41 ± 0,13	0,07 ± 0,04
2006	0,30 ± 0,16	1,18 ± 0,28	0,84 ± 0,19	0,08 ± 0,04
2007	1,18 ± 0,64	2,78 ± 0,60	1,97 ± 0,44	0,08 ± 0,04
Среднее	0,95 ± 0,14	1,72 ± 0,16	1,39 ± 0,11	0,08 ± 0,01

Результаты траловых съёмки показали, что в отдельные годы значение средней плотности скоплений севрюги в восточной части были в 1,4–4,9 раза выше, чем в западной (таблица 8).

В глубоководной северной части Каспийского моря динамика средней плотности скоплений севрюги в 2002–2004 гг. характеризуется её небольшим

повышением с последующим понижением в 2005 г. и стабильным уровнем в 2005–2007 гг. (таблица 8).

Средняя плотность скоплений севрюги на восточном склоне южной части Каспийского моря в 2001, 2003, 2004 гг. была выше, чем на западном, а в 2002 и 2005 наоборот меньше. В среднем за период 2001–2006 гг. плотность скоплений севрюги летом на восточном склоне была больше, чем на западном, причём диапазон изменений средних плотностей по годам на восточном участке выше, чем на западном (таблица 9). В прибрежных водах Ирана средняя плотность скоплений севрюги в 2001, 2004–2006 гг. составила $0,25 \pm 0,07$ экз./10 000 м³. Прослеживается тенденция к снижению средней плотности скоплений по годам по всей обследованной акватории южной части Каспийского моря с $1,55 \pm 0,74$ до $0,13 \pm 0,03$ экз./10 000 м³ (таблица 9).

Таблица 9 – Средние значения плотности скоплений севрюги на обследованной акватории южной части Каспийского моря в летний период (2001–2006 гг.), экз./10 000 м³

Годы	Южная часть моря			Среднее по всей обследованной акватории
	западный склон	восточный склон	прибрежные воды Ирана	
2001	0	$1,56 \pm 1,56$	$1,80 \pm 1,0$	$1,55 \pm 0,74$
2002	$0,33 \pm 0,12$	$0,31 \pm 0,13$	н/д	$0,31 \pm 0,10$
2003	$0,12 \pm 0,05$	$0,28 \pm 0,14$	н/д	$0,21 \pm 0,08$
2004	$0,14 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,08$	$0,08 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,03$
2005	$0,25 \pm 0,07$	$0,02 \pm 0,02$	$0,25 \pm 0,10$	$0,19 \pm 0,06$
2006	$0,23 \pm 0,07$	н/д	$0,06 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,03$
Среднее	$0,20 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,06$	$0,25 \pm 0,07$	$0,23 \pm 0,04$

Анализ межгодовой динамики средней плотности скоплений севрюги в летний период в разных частях моря в 2000–2007 гг. показал, что плотность нагульных скоплений севрюги в северной и южной частях Каспийского моря была выше, чем в средней части (таблица 10). При этом выявлена общая тенденция снижения средней плотности во всех частях моря за исключением 2007

г., когда в северной части этот показатель поднялся с $0,70 \pm 0,15$ до $1,57 \pm 0,35$ экз./10 000 м³.

Таблица 10 – Средние значения плотности скоплений севрюги на обследованной акватории Каспийского моря в летний период (2000–2007 гг.), экз./10 000 м³

Годы	Части Каспийского моря		
	северная	средняя	южная
2000	$1,97 \pm 0,46^*$	$0,02 \pm 0,02^{**}$	н/д
2001	$2,86 \pm 0,46^*$	$0,48 \pm 0,48$	$1,55 \pm 0,74$
2002	$1,61 \pm 0,26$	$0,05 \pm 0,03$	$0,31 \pm 0,10^{***}$
2003	$0,74 \pm 0,17$	$0,05 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,08^{***}$
2004	$0,51 \pm 0,13$	$0,06 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,03$
2005	$0,33 \pm 0,11$	$0,03 \pm 0,02^{**}$	$0,19 \pm 0,06$
2006	$0,70 \pm 0,15$	$0,01 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,03^{****}$
2007	$1,57 \pm 0,35$	$0,02 \pm 0,02^{**}$	н/д
Среднее	$1,20 \pm 0,10$	$0,04 \pm 0,01$	$0,23 \pm 0,04$

Примечание:

* – обследованы только мелководный район северной части моря,

** – обследован только западный склон средней части моря,

*** – не обследована зона ответственности Ирана,

**** – не обследован восточный склон.

Средняя плотность скоплений севрюги в северо-западной мелководной части Каспийского моря летом с 2008 по 2009 гг. увеличивалась, а затем вплоть до 2013 г. оставалась относительно стабильной, минимальное значение плотности было в 2008 г. (таблица 11).

В глубоководном районе северной части и на западном склоне средней части Каспийского моря в 2008–2013 гг. средние значения плотности скоплений севрюги были низки (таблица 11). В связи со снижением численности севрюги и, следовательно, малыми уловами при проведении съёмки в отдельные годы средние величины равны нулю, а значения ошибки средних величин составляют в отдельные годы 100 % от среднего значения.

На акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (рисунок 6в), средняя плотность севрюги в период 2009–2013 гг.

варьировала от $0,14 \pm 0,10$ до $0,23 \pm 0,10$ экз./10 000 м³ и не выражалась положительной или отрицательной динамикой в явном виде (таблица 11).

Таблица 11 – Средние значения плотности скоплений севрюги на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ», в летний период (2008–2013 гг.), экз./10 000 м³

Годы	Северная часть моря		Западный склон средней части моря	Среднее по всей обследованной акватории
	западная мелководная часть	глубоководная часть		
2008	$0,09 \pm 0,09$	$0,07 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,04$
2009	$0,38 \pm 0,21$	$0,02 \pm 0,02$	0	$0,21 \pm 0,11$
2010	$0,41 \pm 0,25$	$0,04 \pm 0,02$	$0,03 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,11$
2011	$0,30 \pm 0,20$	0	$0,03 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,10$
2012	$0,44 \pm 0,33$	$0,03 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,01$	$0,23 \pm 0,10$
2013	$0,33 \pm 0,16$	0	$0,02 \pm 0,02$	$0,19 \pm 0,09$
Среднее	$0,32 \pm 0,08$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,007$	$0,17 \pm 0,04$

Сравнительный анализ средней плотности скоплений севрюги за два представленных периода 2000–2007 гг. и 2008–2013 гг. показал её сокращение в западном мелководном и в глубоководном районах северной части Каспийского моря (таблицы 8, 11) почти в 3 и 2,5 раза соответственно, несмотря на некоторое увеличение показателя в западных мелководных районах в 2007 и 2009–2013 гг. Вероятной причиной увеличения плотности в западных мелководных районах моря могло послужить частичное перераспределение севрюги с востока на запад. Сходный процесс перераспределения, но в обратную сторону, был отмечен в 1990-х гг. (Красиков и Федин, 1996; Сливка и др., 2000) и в наших материалах за 2000–2007 гг., когда основные скопления севрюги переместились из западной части в восточную. Отсутствие данных и совместных исследований прикаспийских стран не позволяет однозначно объяснить выявленную динамику. Недостаточность информации по другим районам моря также вносит неопределённость в оценку запасов севрюги в Каспийском море, так как этот вид

является трансграничным и способен мигрировать на большие расстояния (Ходоревская и др., 2007а).

Межгодовая динамика плотности скоплений севрюги в осенний период. Осенние траловые съёмки в 2000–2005 гг. показали, что в это время года плотность скоплений севрюги выше в восточных мелководных районах северной части Каспийского моря, где её среднее значение за указанный период составило $0,57 \pm 0,14$ экз./10 000 м³ (таблица 12). Средняя плотность скоплений осенью в период наблюдений уменьшалась аналогично тому, как это наблюдалось и в летний период (таблицы 8 и 12). Средний показатель плотности по всей обследованной мелководной северной части моря снизился в 1,7 раза (таблица 12).

Таблица 12 – Средние значения плотности скоплений севрюги в мелководных районах северной части Каспийского моря в осенний период 2000–2013 гг., экз./10 000 м³

Годы	Мелководные районы северной части Каспийского моря		Среднее по северной мелководной части
	западная часть	восточная часть	
2000	$0,60 \pm 0,31$	$0,98 \pm 0,34$	$0,78 \pm 0,23$
2001	н/д		
2002	$0,34 \pm 0,18$	$0,56 \pm 0,20$	$0,46 \pm 0,13$
2003	$0,68 \pm 0,26$	$2,53 \pm 2,53$	$0,83 \pm 0,31$
2004	$0,44 \pm 0,26$	$0,09 \pm 0,09$	$0,25 \pm 0,13$
2005	$0,52 \pm 0,22$	$0,39 \pm 0,39$	$0,47 \pm 0,19$
Среднее за 2000–2005 гг.	$0,51 \pm 0,11$	$0,57 \pm 0,14$	$0,53 \pm 0,09$
2006	$0,36 \pm 0,25$	н/д	–
2007	$0,12 \pm 0,10$	н/д	–
2008	$0,12 \pm 0,09$	н/д	–
2009	$0,24 \pm 0,17$	н/д	–
2010	$0,18 \pm 0,12$	н/д	–
2011	$0,18 \pm 0,10$	н/д	–
2012	$0,15 \pm 0,11$	н/д	–
2013	$0,11 \pm 0,10$	н/д	–
Среднее за 2006–2013 гг.	$0,17 \pm 0,04$	–	–

Средняя плотность скоплений севрюги в 2006–2013 гг. в мелководном районе северной части Каспийского моря снизилась в 3,3 раза, что вызвано общим падением её численности в море (таблица 12).

Представленные выше результаты сезонных осетровых съёмки показали, что общий характер распределения севрюги в Каспийском море в 2000–2013 гг. не претерпел существенных изменений в сравнении с 1960–1990-ми гг. Северная и южная части Каспийского моря, как и ранее (Пискунов, 1965; Павлов, Захаров, 1971; Легеза, 1973; Пироговский, 1981; Пальгуй, 1984, 1986; Пальгуй и др., 1989; Сливка и др., 2000; Зыкова, 2004а; Ходоревская и др., 2007а) характеризуются наиболее высокими значениями плотности скоплений в зимние и летние сезоны года. Зимой наиболее плотные скопления севрюги были в южной части моря, в то время как в северной части моря не столь плотные. Летом основная масса особей севрюги концентрировалась в северной части. В средней части моря плотность скоплений севрюги зависит от времени года: зимой она больше, а летом в связи с миграцией рыб в северную часть моря на места нагула меньше.

Анализ изменения распределения плотности скоплений севрюги по годам подтвердил выявленные в 1990-х гг. А. П. Сливка и др. (2000) и Г. Ф. Зыковой (2004) процессы перераспределения севрюги из северо-западной в северо-восточную мелководную часть моря. Исследования 2000–2007 гг. показали, что летом в мелководных восточных районах северной части Каспийского моря севрюга более многочисленна, чем в западных. Ряд исследователей (Красиков, Федин, 1996; Сливка и др., 2000) считали, что причинами перераспределения плотностей являлись значительные объёмы нелегального промысла на западных участках северной и средней частей моря, наблюдавшиеся с начала 90-х гг. XX в., уменьшение зон гипоксии и распреснение водных масс в восточных участках.

Осенью в мелководной северной части Каспийского моря плотность скоплений севрюги снижается по сравнению с летними значениями, что связано с миграцией рыб из остывающих водных масс мелководья в более южные участки моря (глубоководный район северной части и средняя часть моря). Эта особенность севрюги отмечалась в других работах (Борзенко, 1942; Державин,

1947; Пискунов, 1965; Шубина, 1972, 1974; Легеза, 1973; Пальгуй, 1986; Shubina et al., 1989; Ходоревская и др., 2007а; Сафаралиев, Зыкова, 2010а; Сафаралиев, Зыкова, 2010б; Зыкова, Коноплева, 2011; Сафаралиев, 2012; Ходоревская и др., 2014а).

Наши исследования показали, что выявленная ранее тенденция сокращения плотности скоплений севрюги во всех частях Каспийского моря (Легеза и др., 1989; Красиков, Федин, 1996; Сливка и др., 2000; Чуканов и др., 2000; Ходоревская и др., 2007а) продолжается и непосредственно связана с сокращением общей численности вида в Каспийском море. Наиболее показательны результаты летних съёмок, когда севрюга распределяется по всем доступным местам нагула в Каспийском море и формирует на них устойчивые скопления.

Результаты исследований в период, когда проводились сезонные траловые съёмки только на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» (рисунок б), не позволяют провести полный анализ динамики плотности скоплений севрюги. Это обусловлено двумя причинами. Во-первых, севрюга является трансграничным далеко мигрирующим видом, способным, как показали наши данные, менять основные нагульные районы в северной части моря, что влияет на получаемые результаты. Во-вторых, сокращение абсолютной численности вида приводит к нерепрезентативным результатам съёмок, выражающимся в высокой доле стандартной ошибки от среднего показателя (до 100 %). Приемлемая репрезентативность результатов достигается лишь при объединении данных в два периода лет по проведённым летним траловым осетровым съёмкам и вычислении среднего значения плотности скоплений севрюги за 2000–2007 гг. и 2008–2013 гг. Такой подход позволил выявить продолжающееся сокращение численности севрюги на протяжении всего периода исследований с 2000 по 2013 гг. в мелководной западной и в глубоководной северной частях моря.

Полученные результаты свидетельствуют, что в 2000–2013 г. плотность скоплений севрюги уменьшалась во всех частях Каспийского моря. Основной

причиной снижения плотности скоплений и, соответственно, численности вида и его запасов является фактически возобновлённый с 1991 г. морской промысел осетровых в результате значительно возросших масштабов браконьерства в прибрежных зонах, где формируются основные скопления севрюги (Ходоревская и др., 2014).

3.3. Связь распределения севрюги с количественными и качественными характеристиками зообентоса и температурой воды в мелководной северной части Каспийского моря в летний период

Главными компонентами в рационе севрюги являются многощетинковые черви (*Nereididae*) и ракообразные (*Crustacea*), из которых nereис (*Hediste diversicolor*) превалирует (Молодцова, Полянинова, 2007; 2009). Доля *H. diversicolor* в пищевом комке в период 1996–2006 гг. варьировала от 52,9 до 62,5 %, а ракообразных – от 24,7 до 29,9 %. Остальные гидробионты (рыба и моллюски) имеют меньшее значение в питании севрюги. Возрастные изменения в питании севрюги в отличие, например, от русского осетра прослеживаются слабо, хотя в отдельные годы (1985 г.) молодь предпочитала ракообразных, взрослые – червей (Шорыгин, 1952; Полянинова, Кашенцева, 1986; Кравченко, Молодцова, 1998; Кашенцева и др., 2003; Молодцова, 2006).

Исследования пространственного распределения севрюги и отдельных групп бентических организмов выявили положительную связь между их количественными показателями в море (Сафаралиев и др., 2013). В северной мелководной части Каспийского моря за 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг. в летний период в северо-восточном районе моря формировались более высокие значения средней плотности скоплений севрюги и биомассы *Crustacea* и *H. diversicolor*, чем в северо-западном.

Л. Н. Кашенцевой (1986) было обнаружено, что в северной части Каспийского моря развитие моллюска *Abra ovata* на локальных участках моря снижает доступность излюбленных объектов питания севрюги и увеличивает её энергетические затраты на поиск пищи. В отдельных случаях при значительной

биомассе и численности этого моллюска и одновременном наличии *H. diversicolor* накормленность севрюги была практически равна нулю (0,02 ‰). Однако, по другим данным, присутствие *A. ovata* в бентосе не является однозначно отрицательным фактором для нагула севрюги во всех районах Каспийского моря. В средней и южной частях моря этот моллюск присутствовал в рационе севрюги. В период пониженного уровня Каспийского моря (1942–1969 гг.) в его средней части главной пищей севрюги были nereиды и *A. ovata*, составлявшие 38 % от пищевого рациона. В 1970–1977 гг. при незначительной доле моллюсков (4,6 %) в рационе его основу составляла *A. ovata*. В 1942–1995 гг. в южной части Каспийского моря этот моллюск присутствовал в рационе севрюги, но играл второстепенную роль, главными объектами питания были nereиды и ракообразные. В 1996–2002 гг. в рационе севрюги произошла замена *A. ovata* на моллюска рода *Didacna* (Молодцова, Полянинова, 2009).

Если многие исследователи (Державин, 1922; Берг, 1948; Борзенко, 1932, 1942; Легеза, 1968, 1972; Сливка и др., 2000; Зыкова, 2004; Ходоревская и др., 2007а; Зыкова, Коноплева, 2011; Ходоревская и др., 2014б) склонны считать, что температура является немаловажным фактором в распределении севрюги, то другие исследователи (Пискунов, 1965; Павлов и Захаров, 1971) указывают, что она не является ограничивающим фактором в распределении этого вида, так как в уловах севрюга попадалась в широком диапазоне температур 4,5–27,0 °С. Температура может лишь косвенно влиять на интенсивность питания, процессы роста и созревания рыб, а сезонные перемещения в большей степени зависят от кормовых условий и лишь отчасти связаны с распределением температуры воды.

Принимая во внимание противоречивость представленных выше литературных данных о предпочтении севрюгой определённых видов бентоса и её возможной реакции на температуру воды, был проведён многофакторный анализ методом главных компонент, позволивший оценить комплексное влияние биотических и абиотических факторов на величину плотности скоплений севрюги в мелководной северной части Каспийского моря в летний период.

Для исследования были выбраны количественные показатели ($\text{г}/\text{м}^2$) представителей бентоса *Crustacea* и *H. diversicolor* как возможный аттрактивный (привлекающий) фактор и *A. ovata* как фактор избегания северюгой локальных участков моря, температура придонного слоя воды как абиотический фактор и плотность скоплений северюги ($\text{экз.}/10\ 000\ \text{м}^3$). В исследовании использовались результаты летних осетровых съёмок 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг. в мелководной северной части Каспийского моря.

Предварительный анализ данных показал, что биомасса *Crustacea*, *H. diversicolor*, *A. ovata* и численность северюги на станциях варьировали в довольно широких пределах (таблица 13). Температура на станциях составляла от 19,4 до 30,0 °С.

Таблица 13 – Биомасса *Crustacea*, *H. diversicolor*, *A. ovata* ($\text{г}/\text{м}^2$), плотность скоплений северюги ($\text{экз.}/10\ 000\ \text{м}^3$) и придонная температура воды (°С) на станциях в период летних осетровых съёмок в мелководной северной части Каспийского моря 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг.

Показатели	Биомасса <i>Crustacea</i>	Биомасса <i>H. diversicolor</i>	Биомасса <i>A. ovata</i>	Плотность скоплений северюги	Температура
Среднее ($M \pm m$)	$2,7 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,5$	$1,5 \pm 0,3$	$25,3 \pm 0,1$
Стандартное отклонение (σ)	3,8	4,2	9,4	5,5	1,6
Пределы варьирования (min-max)	0,0–19,5	0,0–32,3	0,0–115,6	0,0–59,0	19,4–30,0
Объем (n)	411	411	411	411	411

Так как анализируемые показатели представлены в разных единицах измерения, то для корректного проведения анализа их значения были стандартизированы через среднюю и стандартное отклонение по следующему выражению (Ивантер, Коросов, 2011):

$$z_{ji} = (x_{ji} - M_j) / \sigma_j, \quad (6)$$

где z_{ji} – нормированное i -е значение j -го фактора; x_{ji} – исходное значение i -фактора j , M_j ; σ_j – средняя и стандартное отклонение j -го фактора по всей его выборке; i – индекс объекта; j – индекс фактора.

Анализ рассчитанных факторных нагрузок по главным компонентам показал, что первая главная компонента, объясняющая наибольший разброс вариант (24,3 %), выражает характер распределения анализируемых видов бентосных организмов (таблица 14). Значения факторных нагрузок выявили положительную связь между биомассой *H. diversicolor* и *A. ovata* на локальных участках моря, которая объясняется избирательностью мягких грунтов этими видами бентоса (Малиновская, Зинченко, 2010). Представители ракообразных, наоборот, преимущественно встречаются в местах, где биомасса *H. diversicolor* и *A. ovata* относительно низка.

Таблица 14 – Факторные нагрузки главных компонент отдельных гидробионтов и придонной температуры воды по данным летних осетровых съёмок в мелководной северной части Каспийского моря 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг.

Факторы	Главные компоненты				
	1	2	3	4	5
Сеvрюга	-0,099	0,525	-0,747	0,080	-0,387
<i>A. ovata</i>	0,557	-0,216	-0,105	0,792	-0,071
<i>H. diversicolor</i>	0,427	0,629	0,045	-0,065	0,644
<i>Crustacea</i>	-0,668	-0,035	-0,163	0,486	0,538
Температура	-0,227	0,529	0,634	0,355	-0,375
Дисперсия	1,21	1,15	0,99	0,88	0,77
Доля дисперсии, %	24,3	23,0	19,7	17,7	15,3

В рамках нашей работы наиболее интересны вторая и третья главные компоненты, показывающие связь распределения сеvрюги, бентоса и температуры воды на локальных участках мелководной северной части Каспийского моря. Отображение значений второй и третьей компонент в координатах двухмерного пространства выявляет два облака станций, категоризированных по плотности скоплений сеvрюги (экз./10 000 м³) (рисунок 15). Станции, где плотность скоплений рыб составляла 5,9–59,0 экз./10 000 м³,

расположены в направлении векторов собственно севрюги, *H. diversicolor*, *Crustacea* и температуры воды. Вектор, характеризующий биомассу *A. ovata*, визуально представлен только станциями, на которых отсутствовала севрюга (0,0 экз./10 000 м³). Незначительное перекрытие станций с плотностью рыб 0,0 и более экз./10 000 м³ наблюдается на векторах температуры и биомассы *H. diversicolor*.

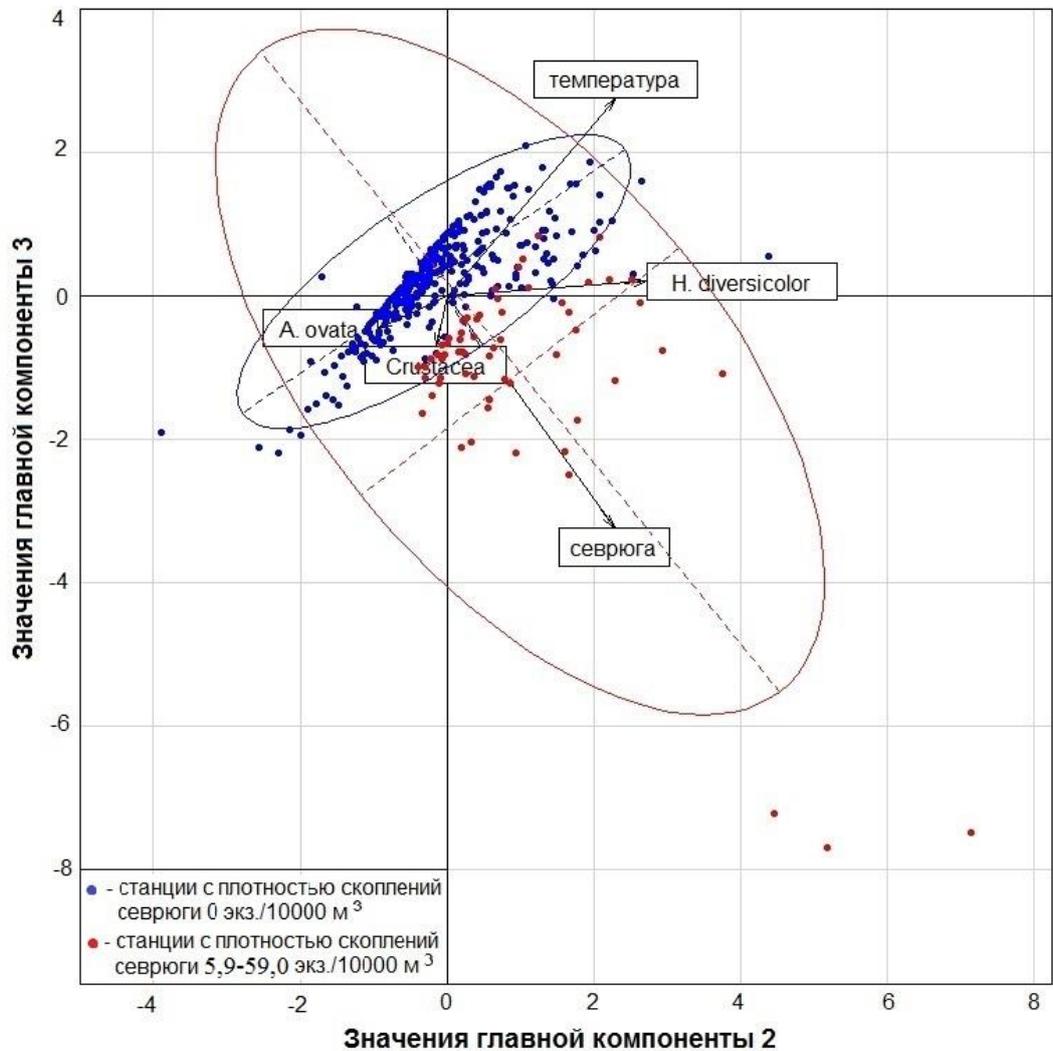


Рисунок 15. Распределение станций с разной плотностью скоплений севрюги в пространстве главных компонент № 2 и 3, построенных по значениям биомассы отдельных компонентов бентоса и температуры воды на этих станциях в период летних осетровых съёмок в мелководной северной части Каспийского моря по данным 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг.

Значения факторных нагрузок второй главной компоненты показывают положительную связь средней силы между плотностью скоплений севрюги, биомассой *H. diversicolor* и температурой воды (таблица 14). Анализируемые данные показывают, что наибольшее значение температуры придонного слоя воды, при которой формировались скопления севрюги, составило 28,9 °С, а биомассы *H. diversicolor* – 21,7 г/м². Выявленная связь между названными выше показателями объясняет 23,0 % от общей дисперсии вариант.

Третья главная компонента характеризует связь распределения плотностей скопления севрюги и температуры придонного слоя воды при минимальном влиянии биомассы бентоса. Значения факториальных нагрузок показали отрицательную связь между численностью севрюги и высокими значениями температуры воды на обследованных станциях (таблица 14, рисунок 15). Установлено, что в диапазоне температуры 29,0–30,0 °С севрюга на станциях отсутствовала.

К сожалению, результаты метода главных компонент не выявили возможной положительной или отрицательной связи плотности скоплений севрюги и биомассы *Crustacea* и *A. ovata*, как можно было бы ожидать из представленных выше литературных источников.

Для оценки степени возможной связи между плотностью скоплений севрюги от биомассы *Crustacea* и *A. ovata* на локальных участках мелководной северной части Каспийского моря было рассчитано корреляционное отношения (η).

Результаты показали, что корреляционное отношение (η) связи плотности скоплений севрюги от биомассы *A. ovata* составило $0,48 \pm 0,04$ ($p < 0,001$). Анализ распределения численности рыб и биомассы этого моллюска показал, что общий тренд представлен отрицательной связью: с увеличением биомассы *A. ovata* численность севрюги снижается (рисунок 16). Исключение составил диапазон биомассы моллюска 5,0–5,9 г/м², в котором резко возрастает плотность скоплений рыбы. При рассмотрении станций с этими количественными значениями моллюска выявлена станция с высокой плотностью скопления севрюги (53,1

экз./10 000 м³), сформировавшаяся при одновременном присутствии моллюска биомассой 5,3 г/м² и червя *H. diversicolor* – 21,7 г/м², который и послужил аттрактивным фактором в этом случае. Дальнейший анализ станций показал, что при биомассе моллюска более 6,4 г/м² севрюга не встречается, несмотря на присутствие на некоторых станциях *H. diversicolor*.

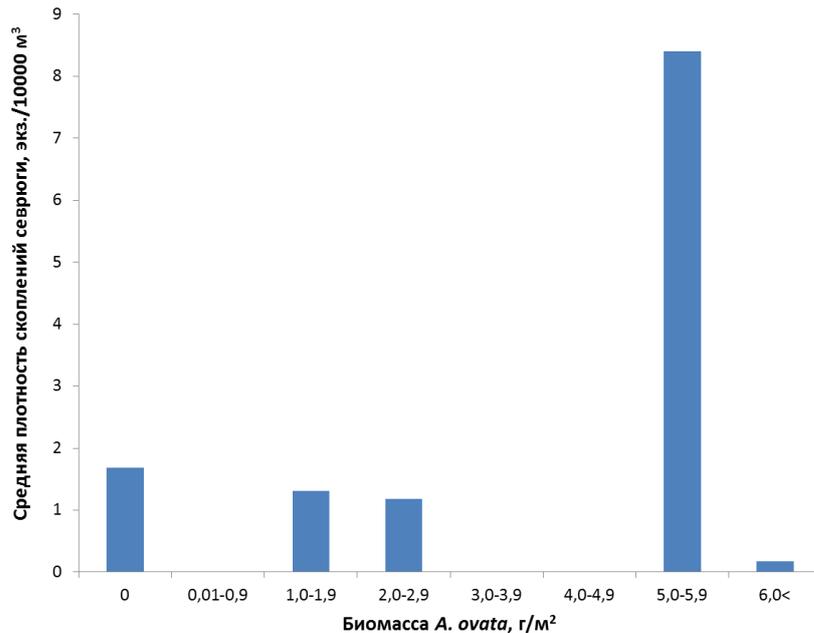


Рисунок 16. Распределение средней плотности скоплений севрюги (экз./10 000 м³) от биомассы *A. ovata* (г/м²) на локальных участках мелководной северной части Каспийского моря по данным летних осетровых съёмов 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг.

Корреляционное отношение (η) связи плотности скоплений севрюги от биомассы ракообразных составляет $0,56 \pm 0,03$ при довольно высокой значимости ($p < 0,001$). Минимальная численность севрюги отмечается на участках моря, где ракообразные отсутствовали. Наиболее плотные скопления севрюга формировала на участках моря при биомассе ракообразных 4,0–5,9 и 14,0–15,9 г/м² (рисунок 17).

Снижение плотности скоплений севрюги на участках моря, где биомасса ракообразных была 6,0–13,9 г/м² и более 16,0 г/м², связано с возрастанием

биомассы моллюска *A. ovata*, которая, как было показано выше, ограничивает освоение севрюгой локальных участков моря.

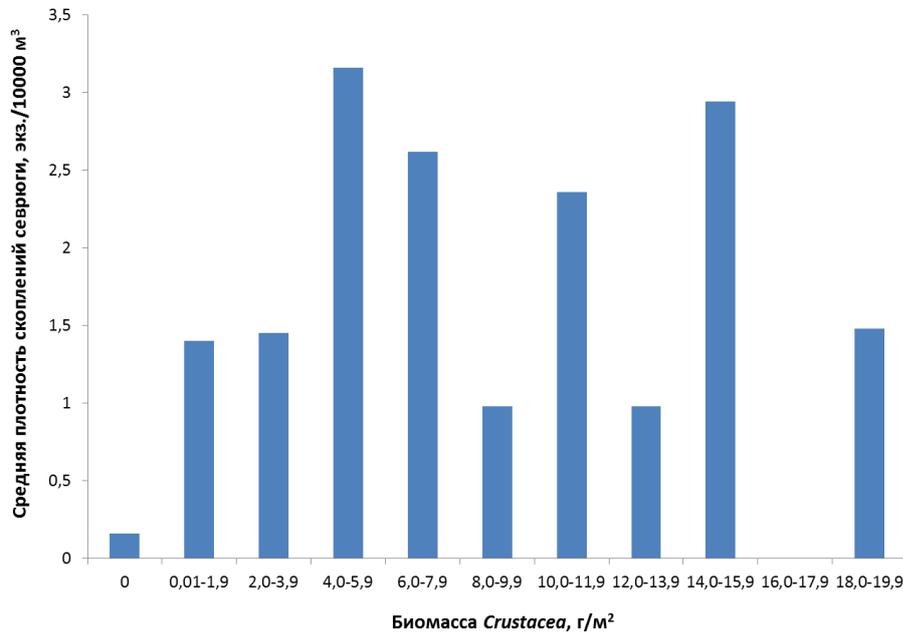


Рисунок 17. Распределение средней плотности скоплений севрюги (экз./10 000 м³) от биомассы *Crustacea* (г/м²) на локальных участках мелководной северной части Каспийского моря по данным летних осетровых съёмов 1992, 1994, 2002, 2003 и 2006 гг.

Таким образом, наши исследования показали, что предпочтение в питании севрюги *H. diversicolor* и *Crustacea* отражается на её распределении в мелководной северной части Каспийского моря в летний период года. Характер распределения севрюги связан не только с биомассой этих гидробионтов, но и с другими биотическими и абиотическими факторами. Наиболее аттрактивным фактором для севрюги является *H. diversicolor*. Присутствие этого червя на локальном участке моря привлекает севрюгу даже при высокой температуре придонного слоя воды. В то же время установлено, что на участках моря с температурой более 29,0 °С севрюга не встречается при одновременном отсутствии *H. diversicolor* или *Crustacea*.

Полученные результаты дополняют представления о взаимоотношении севрюги и моллюска *A. ovata* в местах нагула в мелководной северной части Каспийского моря. Ранее было известно, что на участках моря, где одновременно присутствовали *A. ovata* и *H. diversicolor*, накормленность севрюги была низкой, т. е. существует отрицательная связь между накормленностью севрюги и наличием указанного моллюска (Кашенцева, 1986). Нами установлено, что севрюга избегает те районы северной части моря, где биомасса моллюска *A. ovata* превышает $6,4 \text{ г/м}^2$. Присутствие данного моллюска на отдельных участках моря частично ограничивает потребление севрюгой ракообразных (*Crustacea*).

3.4. Связь сезонного распределения плотности скоплений севрюги с температурой воды в Каспийском море

Исследование связи сезонного распределения севрюги в Каспийском море и придонной температуры воды выполнено по данным за 2000–2013 гг. В качестве учётных орудий лова использовались 24,7-м трал (глубоководная северная, средняя и южная части моря), 9,0-м трал и порядки ставных сетей (мелководная северная часть моря).

По данным сетного лова, севрюга в мелководной северной части Каспийского моря за период весенних исследований 2005–2013 гг. распределялась следующим образом в зависимости от придонной температуры воды. Рыбы встречались в водах с температурой $8,7\text{--}25,2 \text{ }^\circ\text{C}$ при медиане и среднем значении температуры $16,9 \text{ }^\circ\text{C}$ и $16,8 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно (таблица 15, рисунок 18). Наибольшие концентрации севрюги (1,38–4,04 экз./сетепостановку) в сетных орудиях лова отмечены при температурах от $16,0$ до $21,9 \text{ }^\circ\text{C}$ (рисунок 18). В более холодных и тёплых водах весной плотность скоплений численность рыб сокращалась. Исключения составляют температуры $8,0\text{--}10,9 \text{ }^\circ\text{C}$ и $25,0\text{--}25,9 \text{ }^\circ\text{C}$. При этих значениях наблюдалось увеличение плотности до $3,0$ экз./сетепостановку. Это объясняется следующими причинами. Высокие плотности скоплений севрюги при температурах $8,0\text{--}10,9 \text{ }^\circ\text{C}$ сформировались в холодные 2009 и 2011 гг., когда весной средняя температура на

станциях составляла 13,3 и 13,5 °С соответственно. Увеличение относительной численности в диапазоне температур 25,0–25,9 °С наблюдалось в 2008 г. В этот год зафиксирован наиболее тёплый весенний термический режим за рассматриваемый период 2005–2013 гг. со средней температурой 18,2 °С.

Таблица 15 – Придонная температура воды (°С) на сетных и траловых станциях с уловами севрюги в мелководной северной части Каспийского моря в разные сезоны года

Сезон	Пределы варьирования (min–max)	Медиана (Me)	Среднее ($M \pm m$)
Весна 2005–2013 гг.*	8,7–25,2	16,9	16,8 ± 0,3
Лето 2000–2013 гг.**	20,8–29,8	26,1	26,1 ± 0,1
Осень 2000–2013 гг.**	15,4–24,6	21,2	21,2 ± 0,3

Примечание:

* – сетные станции,

** – траловые станции.

Летом 2000–2013 гг. с прогревом водных масс в мелководной северной части Каспийского моря севрюга осваивала более тёплые воды, чем весной. В диапазоне температур, при которых проводились траления (17,0–31,1 °С), результативные траловые станции с уловами севрюги зафиксированы в водах с температурой от 20,8 до 29,8 °С при медиане и среднем значении 26,1 и (26,1 ± 0,3) °С соответственно (таблица 15, рисунок 18). Анализ распределения средней плотности скоплений севрюги летом от температуры показывает, что она увеличивается с повышением температуры от 20,0–20,9 до 29,9 °С при наибольшей плотности 1,74 экз./10 000 м³.

Осенью в мелководной северной части Каспийского моря температура воды снижается в сравнении с летним временем года. Диапазон температур, в которых проводились контрольные траления (2000–2013 гг.), сместился к более низким значениям по сравнению с летними и составил 9,0–26,8 °С. Несмотря на снижение температуры, по-прежнему, как и в летний период года, наиболее плотные

скопления севрюги ($0,67\text{--}0,76$ экз./ $10\ 000\ \text{м}^3$) были отмечены на участках с более высокой температурой ($19,0\text{--}24,9\ ^\circ\text{C}$), (таблица 15, рисунок 18).

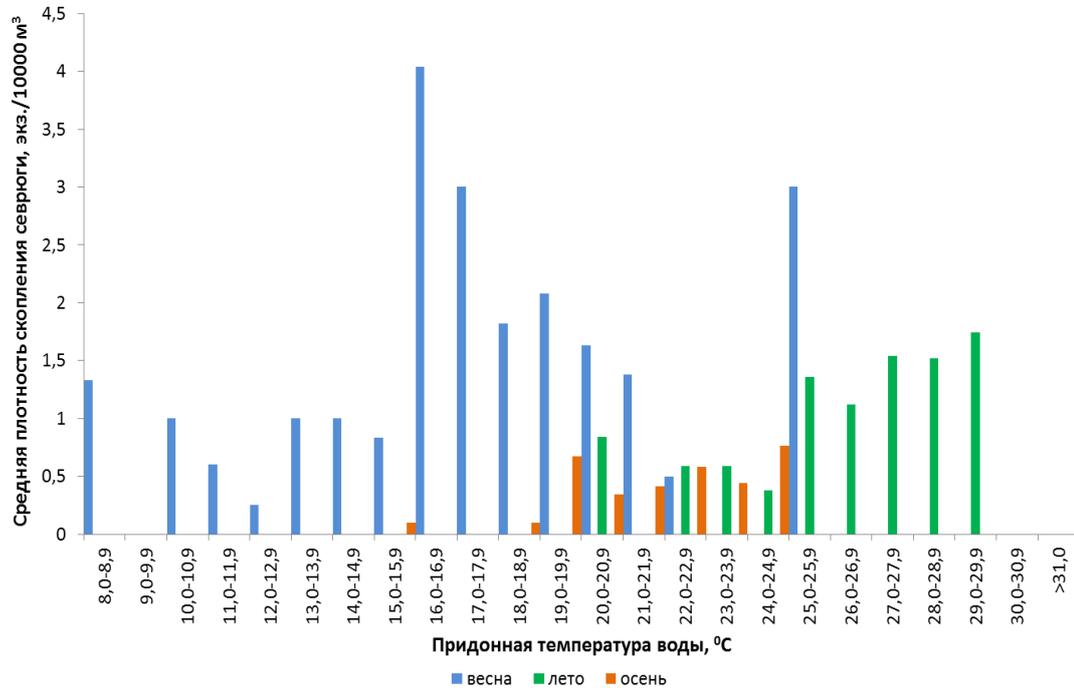


Рисунок 18. Распределение плотности скоплений севрюги в зависимости от придонной температуры воды в мелководной северной части Каспийского по сезонам года (по данным весны 2005–2013 гг., лета 2000–2013 гг. и осени 2000–2013 гг.)

В зимний период 2003–2007 гг. в глубоководной северной части Каспийского моря придонная температура воды на траловых станция варьировала от $3,3$ до $9,6\ ^\circ\text{C}$, уловы севрюги отмечены в более узком диапазоне температур $3,6\text{--}8,5\ ^\circ\text{C}$. Наибольшие плотности скопления рыб ($0,64\text{--}0,4$ экз./ $10\ 000\ \text{м}^3$) формировались на участках с низкой температурой $3,3\text{--}4,9\ ^\circ\text{C}$. В целом севрюга осваивала воды со средней температурой и её медианой $5,5 \pm 0,3$ и $4,9\ ^\circ\text{C}$ соответственно (таблица 16, рисунок 19).

Результаты весенних траловых съёмок 2002–2013 гг. в глубоководной северной части Каспийского моря показали, что с закономерным весенним повышением температуры воды в данном районе моря диапазон встречаемости

Таблица 16 – Придонная температура воды (°С) на траловых станциях с уловами севрюги в глубоководной северной части Каспийского моря в разные сезоны года

Сезон	Пределы варьирования (min–max)	Медиана (Me)	Среднее ($M \pm m$)
Зима 2003–2007 гг.	3,6–8,5	4,9	$5,5 \pm 0,3$
Весна 2002–2013 гг.	5,0–13,1	7,8	$8,3 \pm 0,5$
Лето 2002–2013 гг.	10,7–28,7	24,3	$20,6 \pm 1,0$

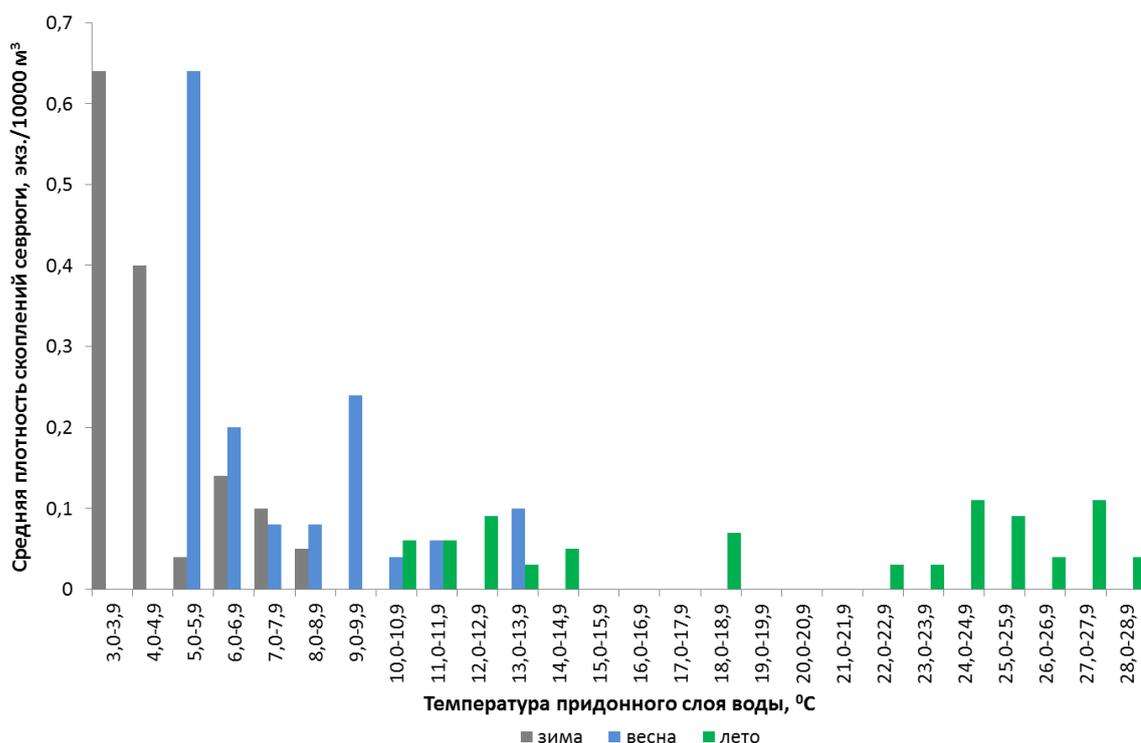


Рисунок 19. Распределение плотности скоплений севрюги в зависимости от придонной температуры воды в глубоководной северной части Каспийского по сезонам года (по данным зимы 2003–2007 гг., весны 2002–2013 гг. и лета 2002–2013 гг.)

траловых станций с уловами севрюги смещается в более тёплые значения, по сравнению с зимними данными. Севрюга формировала концентрации при температурах придонного слоя воды от 5,0 до 13,1 °С, наиболее высокие плотности скоплений ($0,64\text{--}0,24$ экз./10 000 м³) отмечались у нижней границы температур, при которых проходил весенний нагул рыб (таблица 16, рисунок 19).

Летнее распределение севрюги 2002–2013 гг. в глубоководной северной части моря характеризуется наиболее широким диапазоном температур, при которых отмечены скопления севрюги. Выявлены два выраженных обособленных диапазона температуры 10,7–14,9 и 22,0–28,7 °С, с наибольшими плотностями скоплений 0,09 и 0,11 экз./10 000 м³ соответственно (рисунок 19). Существование этих двух диапазонов температур обусловлено непостоянством термического режима в годы исследований в этой части Каспийского моря. Повышенные концентрации севрюги, зафиксированные в холодном диапазоне температур (10,0–14,9 °С), отмечены в годы, когда средняя температура воды летом в этой части моря составляла 12,7 (2003 г.) и 15,3 °С (2005 г.). В диапазоне температур 22,0–28,7 °С скопления рыб наблюдались в сравнительно тёплые годы, когда средняя температура придонного слоя воды составляла 19,3–24,9 °С. За весь период наблюдений средняя температура воды в районе летнего нагула севрюги составила $20,6 \pm 1,0$ °С (таблица 16).

Зимой в средней части Каспийского моря траловый лов 2003–2007 гг. проводился в водах с придонной температурой воды 2,2–11,1 °С. Результативные траловые станции с уловами севрюги отмечены при температурах от 2,2 до 10,2 °С. Наибольшая плотность скоплений (0,28 экз./10 000 м³) была отмечена при температуре 7,0–7,9 °С (таблица 17, рисунок 20).

Таблица 17 – Придонная температура воды (°С) на траловых станциях с уловами севрюги в средней части Каспийского моря в зависимости от сезона года

Сезон	Пределы варьирования (min–max)	Медиана (Me)	Среднее (M ± m)
Зима 2003–2007 гг.	2,2–10,2	6,4	$6,4 \pm 0,4$
Весна 2002 г.	6,5–8,1	7,1	$7,2 \pm 0,4$
Лето 2001–2013 гг.	8,3–29,5	21,4	$20,1 \pm 1,2$

Весной 2002 г. севрюга в средней части моря осваивала воды с наиболее узким диапазоном температуры, чем в остальные рассматриваемые сезоны года,

но с более высокими её значениями медианы и средней, чем зимой (таблица 17, рисунок 20).

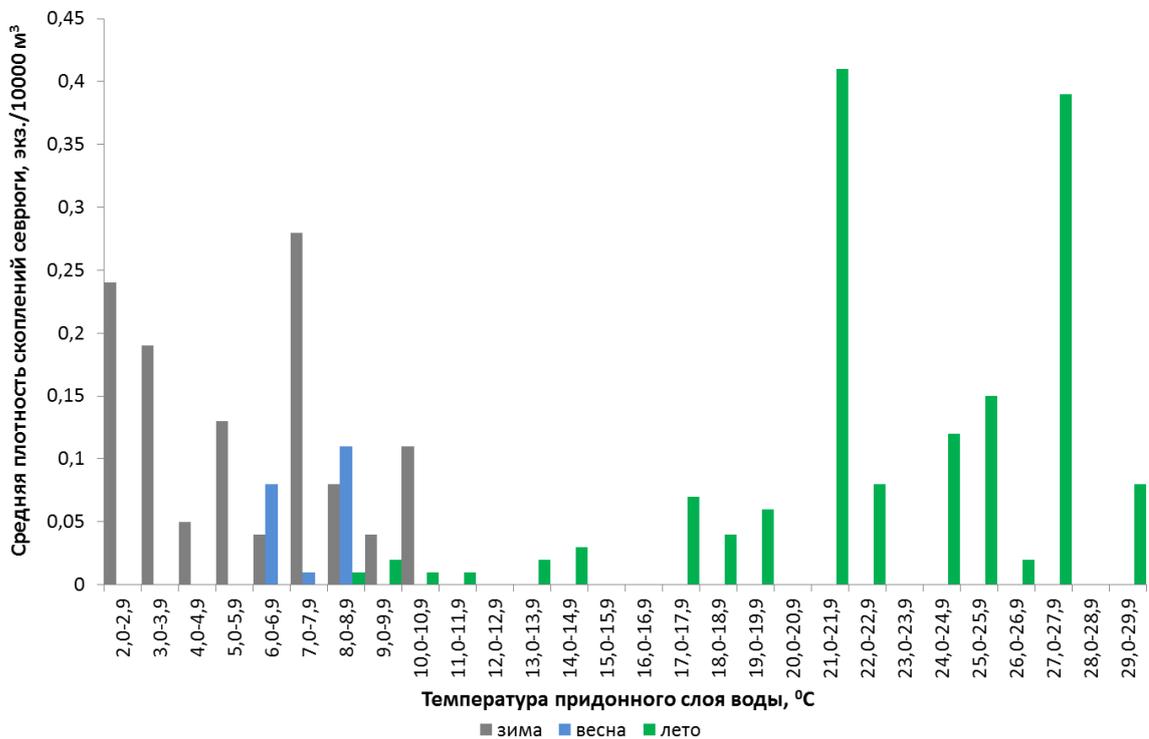


Рисунок 20. Распределение плотности скоплений севрюги в зависимости от придонной температуры воды в средней части Каспийского по сезонам года (по данным зимы 2003–2007 гг., весны 2002 г. и лета 2001–2013 гг.)

Летнее распределение севрюги 2001–2013 гг. в средней части Каспийского моря характеризуется увеличением плотности её скоплений при температуре от 8,3 до 21,0 °C. Отмечены два пика высокой плотности скоплений севрюги в диапазонах 21,0–21,9 и 27,0–27,9 °C (рисунок 20). Анализ данных показал, что наблюдающиеся повышенные концентрации севрюги независимо от температуры формировалась на локальных участках моря, прилегающих к п-ву Аграханский. В целом в этой части моря летом севрюга нагуливалась в диапазоне температур от 8,3 до 29,5 °C при среднем значении $20,1 \pm 1,2$ °C (таблица 17).

Зимой 2003–2004 гг. в южной части Каспийского моря севрюга вылавливалась на всём диапазоне придонной температуры воды, при котором проводились траления (7,0–14,9 °C). Наибольшие плотности скоплений севрюги

наблюдались на участках с температурой 11,0–11,9 °С, со средним значением плотности скоплений за рассматриваемый период 0,47 экз./10 000 м³ (рисунок 21). Среднее значение температуры придонных слоёв воды, на которых проходил зимний нагул севрюги, составило $10,7 \pm 0,3$ °С (таблица 18).

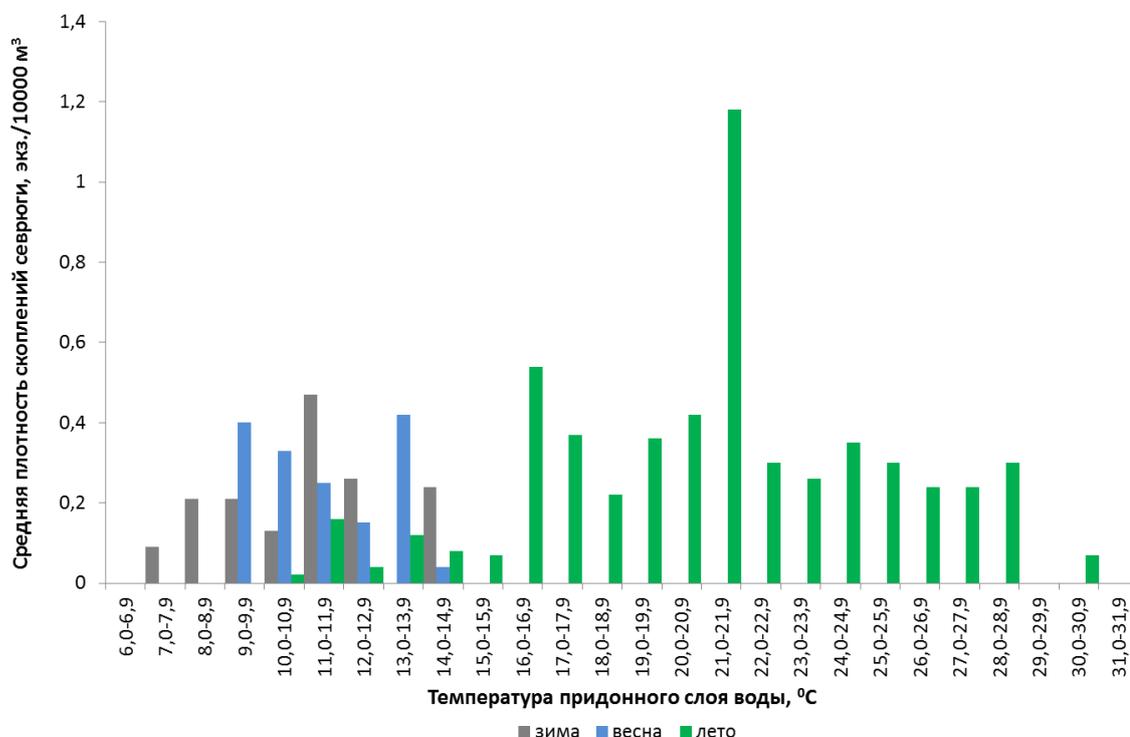


Рисунок 21. Распределение плотности скоплений севрюги в зависимости от придонной температуры воды в южной части Каспийского по сезонам года (по данным зимы 2003–2004 гг., весны 2002 г. и лета 2001–2006 гг.)

Таблица 18 – Придонная температура воды (°С) на траловых станциях с уловами севрюги в южной части Каспийского моря в зависимости от сезона года

Сезон	Пределы варьирования (min–max)	Медиана (Me)	Среднее ($M \pm m$)
Зима 2003–2004 гг.	7,1–14,9	11,0	$10,7 \pm 0,3$
Весна 2002 г.	9,0–14,7	11,9	$11,8 \pm 0,2$
Лето 2001–2006 гг.	10,9–30,0	24,3	$22,7 \pm 0,6$

Весной 2002 г. диапазон придонной температуры воды на траловых станциях с уловами севрюги был более узким в сравнении с зимним, а медиана и

среднее значение температуры были несколько выше (таблица 18). Скопления рыб высокой плотности (0,33–0,42 экз./10 000 м³) формировались в местах с температурой 9,0–10,9 и 13,0–13,9 °С (рисунок 21).

Летом 2001–2006 гг. в южной части обследованной акватории Каспийского моря придонная температура воды варьировала от 7,8 до 31,0 °С. Результативные траловые станции были отмечены при 10,9–30,0 °С (рисунок 21). Основные устойчивые скопления рыб с плотностью от 0,54 до 0,22 экз./10 000 м³ формировались в водах с температурой 16,0–28,9 °С. Повышенное значение плотности при температуре 21,0–21,9 °С обусловлено единично наблюдавшимся максимальным скоплением севрюги в 2001 г. в водах Республики Иран плотностью 12,48 экз./10 000 м³ при температуре 21,8 °С, что повлияло на среднее значение плотности для рассматриваемого диапазона температуры. Обобщённые данные показывают, что летом в южной части Каспийского моря результативные станции отмечены при средней температуре $22,7 \pm 0,6$ °С и медиане 24,3 °С (таблица 18).

Полученные результаты исследований 2000–2013 гг. подтвердили приведённые в литературных источниках данные об особенностях распределения севрюги в зависимости от температуры (Державин, 1922; Берг, 1948; Борзенко, 1932, 1942; Пискунов, 1965; Легеза, 1968, 1972; Павлов, Захаров, 1971; Сливка и др., 2000; Зыкова, 2004а; Ходоревская и др., 2007а; Сафаралиев, 2010; Сафаралиев, Зыкова, 2010а; Сафаралиев, Зыкова, 2010б; Зыкова, Коноплева, 2011; Сафаралиев, 2012; Ходоревская и др., 2014б) и позволили уточнить влияние этого фактора на её распределение в Каспийском море.

Зимой в глубоководной северной, средней и южной частях моря севрюга в траловых уловах встречалась во всём диапазоне температур, характерных для этих частей моря. Наибольшие плотности зимних скоплений севрюги наблюдались в участках моря со средними и низкими для данного сезона температурами.

Анализ связи весеннего распределения плотностей скопления севрюги с придонной температурой в глубоководной северной, средней и южной частях

моря выявил сужение диапазона температур (в средней и южной частях), при которых встречалась севрюга, и общее смещение её концентраций в более тёплые воды. Данная особенность объясняется весенним прогревом водных масс моря и начинающимися процессами весеннего перераспределения рыб в море. В мелководной северной части Каспийского моря в этот период года, как показали исследования, севрюга может осваивать наиболее широкий диапазон значений температуры, который зависит от скорости прогрева водных масс в конкретный год, устойчивые концентрации формируются в водах с температурой 16,0–21,9 °С.

Предпочтение севрюгой участков моря с определённым диапазоном температур проявляется и в её летнем распределении. При этом характер освоения севрюгой отдельных участков Каспийского моря в зависимости от температуры представлен двумя типами распределения. В глубоководной северной, средней и южной частях моря она встречается от сравнительно низких температур 8,3–10,9 °С до высоких 28,7–30,0 °С. В мелководной северной части моря севрюга в летом встречается в более узком диапазоне температуры – 20,8–29,8 °С. Но, несмотря на различия в нижней границе температуры, основные устойчивые скопления рыб формируются в водах с температурой от 16,0 до 29,0 °С.

При осеннем охлаждении воды, в мелководной северной части моря севрюга, продолжает встречаться в зоне высоких температур. С понижением температуры плотность скоплений рыб снижается, а в водах холоднее 15,4 °С севрюга полностью отсутствует. Более ранние работы свидетельствуют, что в осенний период в северной части моря севрюга начинала осеннюю миграцию из северных районов в южные при понижении температуры до 10,0 °С (Легеза, 1972). Эти данные вместе с нашими результатами указывают, что температура воды 10,0 °С является пороговой для благоприятного нагула севрюги в мелководной северной части Каспийского моря.

Наши результаты позволили уточнить верхнюю границу температуры обитания севрюги. Если ранее утверждалось, что севрюга встречается при

температуре не более 29,5 °С (Легеза, 1972; Зыкова, 2004а), то наши данные указывают на значение 30,0 °С, хотя это был единичный случай за весь период наблюдений (2000–2013 гг.). Освоение севрюгой вод с высокой температурой сдерживается порогом солёности воды и отсутствием червя *H. diversicolor*, как было установлено выше. Сочетание температуры свыше 28,3 °С и солёности воды более 8 ‰ является неблагоприятным для севрюги. При более высокой температуре она может встречаться в местах с солёностью 1,5–2,0 ‰, изредка до 5–6 ‰ (Металлов, 2002; Зыкова, 2004а). Отсюда следует, что воды с температурой свыше 28,3 °С преимущественно могут осваиваться севрюгой в мелководной северной части Каспийского моря, где есть районы с солёностью вод 0,1–0,3 ‰ (Ходоревская и др., 2007а; Зонн, 2009; Катунин, 2014). Наши данные подтвердили это положение: наибольшие плотности скоплений севрюги при температуре 29,0–29,9 °С наблюдались именно в мелководной северной части Каспийского моря.

По нашим данным, нижняя граница обитания севрюги составляет 2,2 °С, что укладывается в ранее известные пределы 2,1–2,4 °С (Легеза, 1972; Зыкова, 2004а).

Таким образом, проведённые многолетние исследования сезонного распределения севрюги показали, что она является эвритермным видом, встречающимся в широком диапазоне придонной температуры воды. Но эта эвритермность относительна, летом севрюга предпочитает более прогретые участки моря, в частности, в мелководной северной части её максимальные плотности скоплений наблюдаются при наиболее высоких температурах, что обусловлено наличием районов с низкой солёностью воды.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА НЕЗАКОННОГО, НЕСООБЩАЕМОГО И НЕРЕГУЛИРУЕМОГО ПРОМЫСЛА СЕВРЮГИ В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ РАЙОНЕ

Динамика запаса любой популяции складывается из трёх составляющих – пополнения, роста и убыли. Рассматривая рыбные запасы и их промысел как элемент хозяйственной деятельности человека, в динамике убыли необходимо учитывать промысловую смертность как характеристику эксплуатируемого запаса. Если убыль от естественной смертности это неконтролируемый человеком фактор, то промысловая смертность характеризует антропогенное воздействие на промысловый запас рыб, который можно и необходимо регулировать, основываясь на биологически обоснованном рациональном использовании биоресурсов. Знания законов динамических процессов в промысловом запасе позволяют рассмотреть различные его сценарии развития при разной степени предполагаемой эксплуатации (промысловой смертности) и выбрать необходимые правила регулирования промысла, ведущие к рациональному использованию биоресурсов.

Одним из негативных воздействий человека на рыбные запасы является ННН-промысел, который может вносить существенный вклад в промысловую смертность. Составляющие ННН-промысла включают улов, не зафиксированный официальной статистикой в результате расхищения с официальных мест промысла, и браконьерский вылов – улов, полученный в результате нарушения официально действующих Правил рыболовства.

Оценки ННН-промысла можно разделить на прямые и косвенные. Прямые методы оценки: контроль официального вылова на местах промысла; сбор опросных данных; учёт конфискованной рыбы и икры охраняющими органами; изъятие выставяемых браконьерами орудий лова на местах промысла;

аэровизуальный учёт браконьерских судов и лодок в море и т. д. К косвенным оценкам относятся построение различных моделей и экспертная оценка.

Решению вопроса об оценке объёмов ННН-промысла в Каспийском бассейне посвящено несколько исследований. В работах по данной проблеме реализованы различные подходы к оценке ННН-промысла, основанные на комплексном использовании результатов прямого учёта (длина изъятых браконьерских орудий лова) и косвенного (построении динамических моделей запаса) или только косвенного. Первые исследования по оценке незаконного изъятия осетровых в Каспийском бассейне были выполнены для русского осетра (Зыкова и др., 2000; Зыкова, 2004б). В них была проведена оценка величины ННН-промысла в 1989–1998 гг. методом моделирования структуры стада с использованием данных морских тралово-акустических съёмок и динамики численности производителей русского осетра, заходящих в р. Волга. Определено, что в 1989–1992 гг. их нелегальный вылов в реке был в 1,2 раза выше официального, а в 1993–1996 гг. – в 3,0 раза. Модель показала, что, судя по данным съёмок в море, в 1998 г. суммарный ННН-промысел в реке и море достиг 12-кратного превышения промышленного вылова. Авторами указывалось, что незаконное изъятие нерестовой части популяция осетра происходит дважды: на путях сезонных миграций в море и непосредственно в реках бассейна.

Для оценки ННН-промысла было предложено использовать преобразованную продукционную динамическую модель запаса, базирующуюся на аксиоме Рассела (Бабаян и др., 2008). Этот метод основан на данных по количеству конфискованных сетей, статистике официального вылова, оценке биомассы запаса и методологии динамического продукционного моделирования. Так, согласно аксиоме Рассела, промысловый запас (B) в начале ($y + 1$)-го года можно представить в виде:

$$B_{0(y+1)} = B_{0(y)} + R_{(y)} + W_{(y)} - D_{(y)} - C_{(y)\Sigma}, \quad (7)$$

где R – пополнение запаса; W – весовой рост особей; D – убыль от естественных причин; C_{Σ} – общий годовой вылов, равный сумме браконьерского ($C_{бр}$) и легального (C) уловов.

Используя коэффициент пропорциональности (r) линейной функции среднегодовой биомассы запаса $B_{(y)}$ за период 1994–2006 гг. и коэффициент улавливаемости ($q_{бр}$) браконьерского промысла, полученный из соотношения

$$C_{бр(y)} / E_{бр(y)} = q_{бр}[B_{(y)}], \quad (8)$$

где $E_{бр(y)}$ – величина браконьерского промыслового усилия, авторы получили детерминированную версию модели динамики популяции в виде:

$$0,5*(B_{0(y+1)} - B_{(y-1)}) = rB_{(y)} - q_{бр}(E_{бр(y)}B_{(y)}) - C_{(y)}. \quad (9)$$

Видоизменённая модель Рассела динамики запаса, параметризованная по данным для русского осетра, показала, что в период 1998–2006 гг. ННН-промысел этого вида осетровых превышал официальный вылов в 15–20 раз (Бабаян и др., 2008).

Ю.И. Рековым (2004) был оценён ННН севрюги и русского осетра в Азовском море. Автором для построения модели ННН была применена следующая формула:

$$C_d = B_{(i)} - (B_{(i+1)} + C_{ci} + D_{ni}), \quad (10)$$

где C_d – оценка неучтенного вылова; $B_{(i)}$ – биомасса запаса в год лова i ; $B_{(i+1)}$ – запас следующего года $i + 1$; C_{ci} промысловый улов в год i ; D_{ni} – естественная убыль за год i . Для выполнения такой оценки, как указывает автор, необходимо иметь надёжные ежегодные данные о численности вида, возрастном составе, промысловом возврате и естественной убыли. На основе многолетних данных о динамике запасов азовских севрюги и осетра был оценён их неучтённый вылов в 1994–2000 гг., который превысил официальный промысловый улов в 10 и 30 раз соответственно.

Оценка ННН-промысла севрюги в северной части Каспийского моря была проведена на основе моделирования многовидового биотического сообщества в программной среде ECOPATH/ECOSIM (Бобырев и др., 2009). По результатам реализации балансовой модели, ориентировочная оценка соотношения между учитываемым и неучитываемым официальной статистикой выловом севрюги составила примерно 1:18. Для уточнения ННН-промысла была разработана динамическая модель запаса этого вида, в которой динамика биомассы

выражалась как сумма прироста биомассы за счёт весового роста рыб, минус промысловая и естественная убыль рыб. Величина промыслового изъятия была определена путём подбора значений параметров, при которых модель демонстрирует снижение биомассы запаса с начального уровня 80 тыс. т в 1999 г. до 17 тыс. т в 2003 г. Если учесть, что в этот период, по данным авторов, официальная добыча не превышала 300 т, то соотношение учитываемого и неучитываемого вылова севрюги составляет величину порядка 1:20 (Бобырев и др., 2009).

Вопросом влияния ННН-промысла на запас севрюги в Каспийском море и моделированием сценария развития запаса на будущее занимались Ёе и Валбо-Джоргенсен (Ye, Valbo-Jørgensen, 2012). При моделировании динамики запаса авторы рассматривали три сценария: 1) отсутствие пополнения, получаемого от деятельности осетровых рыбоводных заводов (ОРЗ) и ННН-промысла; 2) влияние пополнения, получаемого от деятельности ОРЗ; 3) влияние запаса, получаемого от деятельности ОРЗ и ННН-промысла на динамику запаса. В работе использовалась модель DB-SRA, применимая для запасов с ограниченными данными. Для реализации второго и третьего сценария авторы видоизменили модель, добавив два фактора – нелегальный вылов (IC_{t-1}) и пополнение от деятельности ОРЗ (R_{t-1}). При формировании влияния нелегального вылова IC_t авторы считали, что он постепенно возрастал от 1990 до 2000 гг. и затем установился на постоянном уровне, превышающем легальный вылов в 8 раз. Результаты моделирования показали, что неучтённое изъятие имеет существенное влияние на динамику запаса, и если ННН-промысел продолжится на заданном авторами уровне, то севрюга в Каспийском море исчезнет к 2042 г.

Таким образом, величины ННН-промысла осетровых в северной части Каспийского моря и море в целом, по данным литературы, показывают неуклонный их рост и превышение объёма официального промышленного изъятия за период 1989–2006 гг. в 1,2–20,0 раз (таблица 19). Возрастающее значение ННН-промысла с 1993 по 2006 гг. вносит существенный негативный

вклад в дестабилизацию запаса осетровых, и не учитывать его при оценках ретроспективного и современного состояния запаса и его прогноза невозможно.

Таблица 19 – Незаконный, несообщаемый и нерегулируемый промысел (ННН) осетровых в Каспийском море (по литературным данным)

Годы	Отношение ННН промысла к официальным годовым уловам	Примечание	Источники
1989–1992	1,2	Оценка ННН в реке для русского осетра	Зыкова и др., 2000
	0,0–1,60	Суммарная оценка ННН в р. Волге и море для севрюги	Ye & Valbo-Jorgensen, 2012
1993–1996	3,0	Оценка ННН в р. Волге для русского осетра	Зыкова и др., 2000
	2,4–4,8	Суммарная оценка ННН в р. Волге и море для севрюги	Ye & Valbo-Jorgensen, 2012
1997	5,6	Суммарная оценка ННН в р. Волге и море для севрюги	Ye & Valbo-Jorgensen, 2012
1998	12,0	Суммарная оценка ННН в р. Волге и море для русского осетра	Зыкова и др., 2000
	6,4	Суммарная оценка ННН в р. Волге и море для севрюги	Ye & Valbo-Jorgensen, 2012
1999–2006	15,0–20,0	Суммарная оценка ННН в р. Волге и море для русского осетра и севрюги	Бобырев и др., 2009; Бабаян и др., 2008
	7,2–8,0	Суммарная оценка ННН в р. Волге и море для севрюги	Ye & Valbo-Jorgensen, 2012

Большие масштабы браконьерского промысла в море подтверждались визуальной фиксацией сетей в море во время проведения сезонных ихтиологических съёмок ФГБНУ «КаспНИРХ» и ежегодно предоставляемой информацией о количестве изъятых сетей пограничными службами ФСБ РФ по республикам Дагестан и Калмыкия и Астраханской области. Район моря, где браконьерами выставляются сетные орудия лова, охватывает практически всю мелководную и придельтовую акваторию северной части Каспийского моря (рисунок 22). Значительное количество сетей было обнаружено у проток дельты (банки Белинский, Кировский и т. д.), судоходных каналов (Волго-Каспийский морской судоходный и Урало-Каспийский каналы), на значимых летних местах нагула в мелководной северной части Каспийского моря вблизи о-в Укатный и Малый Жемчужный, вдоль путей сезонных миграций осетровых у п-ва Аграханский, о-ва Чечень, побережье от восточной части дельты р. Волги до Урало-Каспийского судоходного канала. Результаты мероприятий по изъятию незаконных орудий лова, проводимых пограничными службами ФСБ РФ, также подтверждают увеличивающейся из года в год прессинг браконьерского морского лова на запасы осетровых (таблица 20).

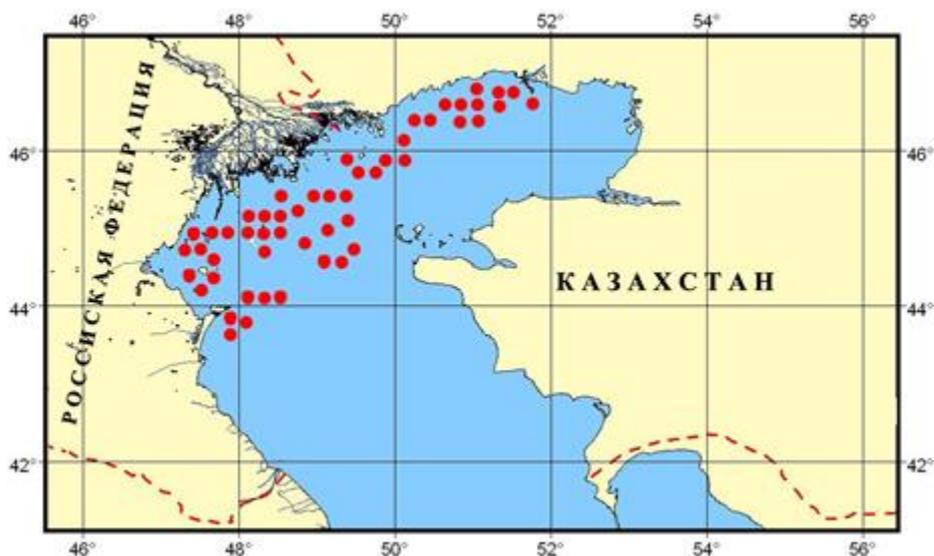


Рисунок 22. Расположение основных мест постановки браконьерских сетей в северной и средней частях Каспийского моря (по данным визуального наблюдения во время сезонных ихтиологических съёмок в 2004 – 2015 гг.)

Таблица 20 – Количество изъятых браконьерских сетей-аханов (км) в Каспийском море по данным литературы (Бабаян и др., 2008) и официальных писем пограничных служб ФСБ РФ по республикам Калмыкия и Дагестан и Астраханской области, адресованных в ФГБНУ «КаспНИРХ»

Годы	Длина изъятых сетей	Годы	Длина изъятых сетей
1994	26,5	2005	118,1
1995	25,8	2006	116,7
1996	26,1	2007	данные отсутствуют
1997	24,1	2008	
1998	41,7	2009	
1999	57,9	2010	332,808
2000	78,3	2011	416,8
2001	87,3	2012	172,081
2002	119,5	2013	331,703
2003	118,1	2014	428,981
2004	118,1	2015	394,981

По приведённым выше литературным данным (таблица 19) была проведена оценка ННН-промысла севрюги в северо-западной части Каспийского моря и в р. Волге на путях нерестовой миграции в 1989–2003 гг. В качестве коэффициента ННН-промысла севрюги в период 1989–1998 гг. были взяты аналогичные оценки, полученные для русского осетра (Зыкова и др., 2000) в связи с тем, что русский осётр и севрюга дают дорогостоящую рыбную продукцию, их мясо и икра высоко ценятся на рынке. Добыча этих видов ведётся на одних и тех же местах. Оценки ННН-промысла осетра и севрюги, проведённые в 1999–2003 гг., показали сходные коэффициенты браконьерского изъятия: 15,0–20,0 для осетра (Бабаян и др., 2008) и 20,0 для севрюги (Бобырев и др., 2009). Оценка ННН-промысла севрюги для периода 1989–2006 гг., полученная Йе и Валбо-Джоргенсенем (Ye and Valbo-

Jørgensen, 2012), не была принята во внимание, поскольку процедура оценки величины ННН в данной работе не показана и не обоснована.

Расчётная величина ННН-промысла севрюги в северо-западной части Каспийского моря и р. Волги (1989–2003 гг.) состоит из двух слагаемых: а) нелегальное изъятие в реке в 1,2 раза в 1989–1992 гг. и в 3,0 раза в 1993–2003 гг. выше официального; б) нелегальное изъятие в море в 1989–1998 гг. из-за отсутствия данных интерполировано и постепенно возрастало с 0 до 9 раз выше официального в 1998 г., когда впервые был определён коэффициент ННН-промысла в море; в 1999–2003 гг. применялся коэффициент равный 17,0. Полученные оценки ННН-промысла представлены в таблице 21.

Оценка ННН-промысла популяции севрюги в северо-западной части Каспийского моря и р. Волги в 2004–2015 гг. состоит из двух слагаемых: а) нелегальное изъятие в реке определено в 3,0 раза выше официального (Зыкова и др., 2000); б) нелегальное изъятие в море определено по методу Власенко – Зыковой (2007 г.) по материалам сезонных съёмок 2004–2015 гг. в мелководной северной части Каспийского моря.

Полученные величины ННН-промысла соответствуют экспертным объёмам изъятия в Волго-Каспийском районе. Данный условный район включает в себя дельту р. Волги и непосредственно северо-западную часть Каспийского моря.

Так как представленные величины ННН-промысла (1989–2015 гг.) основаны на косвенных и экспертных оценках и, следовательно, не лишены ошибок, заложенных во входных данных, что отражается в значительном колебании в отдельные годы, было проведено сглаживание динамики ННН-промысла за этот период методом локальной регрессии (Cleveland et al., 1992; Мастицкий С. Э., Шитиков В. К., 2014). Аппроксимация выполнялась при заданных параметрах степени сглаженности ($span = 0,7$) и функцией полинома второй степени. Результаты представлены в таблице 21 и на рисунке 23.

Таблица 21 – Расчетные величины ННН-промысла промыслового и нерестового запасов севрюги волжской популяции в северной части Каспийского моря в 1989–2015 гг.

Годы	Официальные промысловые уловы и изъятие для целей НИР и воспроизводства, тыс. т	ННН в реке, тыс. т	ННН в море, тыс.т	Итого ННН, тыс.т	Сглаженная величина ННН, тыс.т
1989	3,83	4,596	-	4,596	6,541
1990	3,19	3,828	3,19	7,018	7,388
1991	2,71	3,252	5,42	8,672	7,918
1992	2,43	2,916	7,29	10,206	8,211
1993	1,27	3,81	5,08	8,89	8,230
1994	1,44	4,32	7,2	11,52	7,995
1995	0,93	2,79	5,58	8,37	7,613
1996	0,58	1,74	4,06	5,8	6,792
1997	0,41	1,23	3,28	4,51	5,806
1998	0,29	0,87	2,61	3,48	4,816
1999	0,20	0,60	3,4	4	3,845
2000	0,17	0,51	2,89	3,40	3,219
2001	0,164	0,49	2,788	3,278	2,725
2002	0,14	0,42	2,363	2,783	2,302
2003	0,11	0,33	1,87	2,2	1,936
2004	0,023	0,069	1,0438	1,1128	1,643
2005	0,036	0,108	0,8704	0,9784	1,404
2006	0,009449	0,015667	0,9163	0,931967	1,223
2007	0,011101	0,012816	1,113*	1,125816	1,164
2008	0,00691	0,003255	1,31*	1,313255	1,193
2009	0,007906	0,012864	1,507*	1,519864	1,178
2010	0,001014	0,000573	1,70272	1,703293	1,115
2011	0,001654	0,000276	1,5878	1,588076	1,068
2012	0,00118	0,001995	1,17499	1,176985	1,004
2013	0,000244	0,000246	0,98454	0,984786	0,913
2014	0,000141	0,0	0,5831	0,5831	0,807
2015	0,000302	0,000393	0,438	0,438393	0,689

Примечание: * – интерполированные величины из-за отсутствия данных по длине конфискованных сетей.

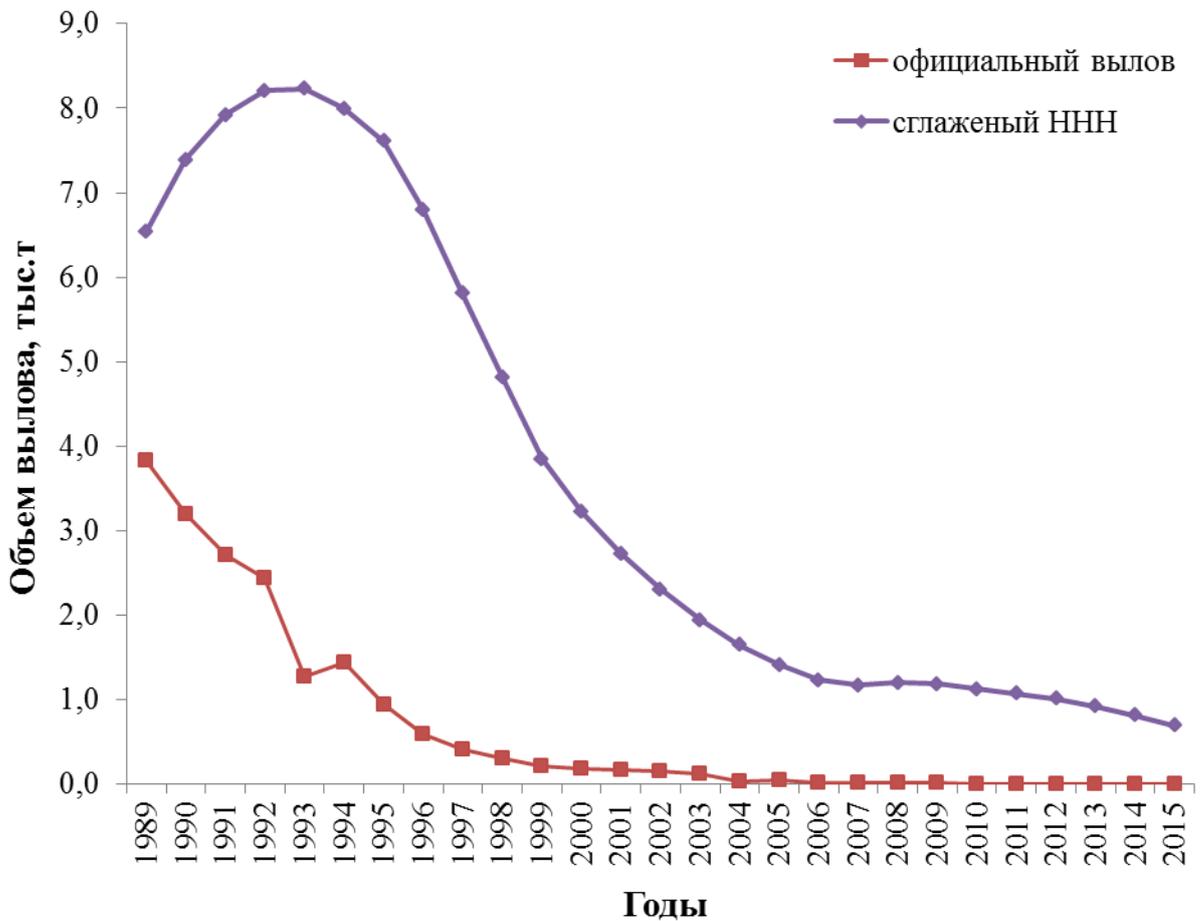


Рисунок 23. Динамика официального вылова и ННН-промысла, аппроксимированного методом локальной регрессии, промыслового запаса севрюги в р. Волге и северо-западной части Каспийского моря

Сравнение динамики официального вылова и оценённого ННН-промысла севрюги показывает, что на протяжении всего рассматриваемого периода 1989–2015 гг. официальные уловы сокращались (таблица 21, рисунок 23). Изменения ННН-промысла были сложнее. Во время распада СССР в начале 90-х гг. XX-го столетия и с уменьшением контроля за биоресурсами стремительно возрос браконьерский вылов, достигший максимума в 1993 г. – 8,23 тыс. т., что обеспечивалось высокой численностью вида. С подрывом запаса, вызванным его чрезмерной эксплуатацией, величина ННН-промысла в последующие годы снижалась вплоть до настоящего времени. В Астраханской области коммерческий лов севрюги вёлся до 2004 г. включительно. В рассматриваемый период 1989–

2004 г. величина ННН-промысла варьировала от 1,643 до 8,23 тыс. т. и превышала официальный вылов в 1,7–71,4 раза. Начиная с 2005 г. и по настоящее время, изъятие севрюги проводится только для целей научно-исследовательских работ (НИР) в море и искусственного воспроизводства в реке. В этот период браконьерский пресс оставался на прежнем высоком уровне, а суммарные величины ННН-промысла в реке и море значительно превышают величину официального изъятия от 39,0 до 5 717,1 раза. Средняя величина ежегодного браконьерского изъятия в 2004–2015 гг. составила 1,12 тыс. т (таблица 21).

Таким образом, исследования ННН-промысла севрюги Волго-Каспийском районе в 1989–2015 гг. показали, что в течение всего рассматриваемого периода браконьерское изъятие превышало официальное. С введением моратория на коммерческий вылов осетровых в 2005 г., предоставлением квот только для научно-исследовательских работ и целей искусственного воспроизводства и ужесточением контроля на местах промысла правоохранными органами и Пограничной службой ФСБ РФ незаконное изъятие севрюги на путях её нерестовой миграции не исчезло. Об этом свидетельствует ежегодно предоставляемая информация по количеству изъятых сетей в море и полученные оценки ННН-промысла. Высокое отношение ННН-промысла к вылову для целей НИР и воспроизводства, достигающее в отдельные годы 5 717,1 раза, указывает на продолжающуюся эксплуатацию браконьерами промыслового и нерестового запасов севрюги – величина изъятия составляет от 0,689 до 1,404 тыс. т. Общее сокращение как официального вылова, так и ННН-промысла севрюги объясняется рядом причин: сокращением промыслового и нерестового запасов; изъятием производителей на путях нерестовой миграции и на нерестилищах (Лепилина и др. 2017; омоложением нерестовой части популяции и снижением в ней доли самок в связи с селективным их изъятием браконьерами и снижением плодовитости самок, что снижает воспроизводительную способность популяции и ведёт к исчезновению севрюги как вида в Каспийском бассейне (Рубан и др., 2017); положительной стороной снижения ННН-промысла является также работа правоохранительных органов.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ СЕВРЮГИ В УСЛОВИЯХ МОРАТОРИЯ НА ПРОМЫСЕЛ И ДЕФИЦИТА ИНФОРМАЦИИ

5.1. Экспертный метод оценки нерестового запаса с использованием коэффициента промыслового возврата

Вклад в формирование пополнения промыслового или нерестового запаса осетровых от естественного размножения и искусственного воспроизводства на осетровых рыбоводных заводах (ОРЗ) можно выразить в так называемом «коэффициенте промыслового возврата». К формализации пополнения промыслового запаса от результатов работы рыбоводных заводов и от естественного нереста подходили разными способами. Так, М.И. Тихий (1925) предложил оценивать в относительных показателях вклад рыбоводных мероприятий в пополнение промыслового запаса через «рыбоводный коэффициент», понимая под этим термином отношение количества выпущенной молоди (продукции рыбоводных заводов) к улову. Кроме того, М.И. Тихий (1925) ввёл такие показатели, как «коэффициент восстановления породы» и «процент восстановления породы». Под первым он понимал отношение количества выметанной икры (экз.) к годовому улову (экз.) в год нереста, под вторым – процент выживания поколения до годового возраста от количества выметанной икры (экз.). К сожалению, М.И. Тихий в своей работе не уточняет, какого года выпуск молоди и какого года улов используется в отношении.

Позднее термин «рыбоводный коэффициент» стал выражать процент, показывающий, сколько взрослых особей выживает (или должно выжить) на 100 икринок, мальков и т. д. (Кожин, 1951). Постепенно данный термин стал заменяться «коэффициентом промыслового возврата», «коэффициентом промыслового выживания», параллельно используются – «промысловое выживание» или «процент промыслового выживания». К началу 1950-х гг. наибольшее распространение в литературе получил термин «коэффициент

промыслового возврата» (КПВ), который стал широко применяться как показатель выживания при естественном икротетании или искусственном воспроизводстве, выражаясь в процентах (Елеонский, 1936; Тихий, 1940; Кожин, 1951).

Впервые оценку КПВ от естественного нереста севрюги в р. Кура дал А.Н. Державин (1922, 1947). Он рассчитал КПВ от естественного нереста поколений, появившихся в 1916–1941 гг., по количеству отложенной икры (0,0104 %), скатившимся личинкам (0,0347 %) и более поздней молоди (3,0–21,0 %).

В.А. Мейен (1941) на основе опытов Державина по выживанию икры осетровых, особенностей ската молоди и плодовитости осетровых оценил КПВ личинок севрюги от естественного нереста в р. Волге равным 0,05 %. Последующие работы подтвердили эту оценку КПВ (Власенко, 1982; Вещев и др., 1992).

Величина КПВ севрюги от искусственного воспроизводства ОРЗ была определена на основе данных об уловах и возрастном составе за 1962–1982 гг. и выпуске сеголетков волжскими ОРЗ за 1953–1976 гг. методом многофакторного регрессионного анализа (Буханевич и др., 1984, 1986а, б) и составила 0,9 %.

Окончательно величины КПВ были утверждены Приказом Федерального агентства по рыболовству (ФАР) от 25 ноября 2011 г. № 1166 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам» и составили: от личинок при естественном воспроизводстве – 0,05 %, от сеголетков при заводском воспроизводстве массой 1,5 г – 0,9 %.

Таким образом, в дальнейшем под термином КПВ подразумевается процент выжившей севрюги, участвующей в формировании нерестового запаса, от количества скатившихся личинок с нерестилищ р. Волги (КПВ от естественного пополнения) и сеголетков, выпущенных ОРЗ дельты р. Волги (КПВ от искусственного воспроизводства).

А.Н. Державин (1922) высказал предположение о возможной привязанности осетровых Каспийского моря, в частности севрюги, к «своим рекам» и «родным нерестилищам», куда они возвращаются на нерест после достижения половой

зрелости в море. Более поздние исследования, основанные на иммунохимическом анализе антигенного состава сывороточных белков на уровне индивидуальных антигенов, выявили сложную популяционную структуру и существование локальных стад, привязанных к «родным» рекам, у всех исследованных видов каспийских осетровых – русского осетра, севрюги и белуги (Лукьяненко, Седов, 1967; Лукьяненко, 1971; Лукьяненко, Умеров, 1971).

У севрюги были выделены три популяции «привязанных» к нерестовым рекам: волжская, уральская и южно-каспийская (Переварюха, 1982; Переварюха и др., 1985, 1999, 2003). Иммунохимические исследования производителей, мигрирующих в рр. Волга и Урал, установили, что нет чёткого разделения волжской и уральской популяций на миграционных путях в реках. Трёхлетними наблюдениями было установлено, что часть волжской популяции идёт на нерест в р. Урал, а часть уральской – в р. Волга. В среднем, доля севрюги волжского происхождения в р. Урал составила 25,2 %, а доля севрюги уральского происхождения в р. Волге – 4,3 % (Лукьяненко, Переварюха, 1985). Таким образом, из общего числа производителей севрюги, заходящих в р. Волга, 95,7 % являются особями волжской популяции, дожившими до возраста половой зрелости.

В настоящее время запасы севрюги волжского происхождения формируются за счёт пополнения от естественного нереста на нерестилищах, расположенных ниже плотины Волгоградского гидроузла, и искусственного воспроизводства на ОРЗ. Многолетними исследованиями установлено, что производители севрюги слабо осваивают нерестилища верхней зоны, находящейся вблизи плотины, в связи с резко выраженными суточными и недельными колебаниями уровней воды и скорости течения (Власенко и др., 2012). Севрюга при незначительном понижении уровня воды прекращает откладывать икру на мелководных галечниковых грядах и уходит на глубоководные участки реки, где расположены русловые нерестилища, на которых влияние понижения уровня воды незначительно. В современных условиях весеннего паводка, зависящего от режима попусков воды с Волжской

ГЭС, севрюга использует только русловые нерестилища верхней (Татьянинская русловая гряда) средней и нижней зон общей площадью 191,5 га. Искусственное пополнение в период 1955–2009 гг. формировалось ОРЗ, расположенными на главном русле р. Волги, – Лебяжинским, Кизанским, Бертюльским, Сергиевским, Александровским, НЭБ «БИОС». С 2010 г. по настоящее время сеголеток севрюги выпускает только Лебяжинский ОРЗ.

Таким образом, зная величины ежегодного пополнения от естественного нереста по численности скатившихся личинок и искусственного воспроизводства на ОРЗ, формирующего нерестовый запас на исследуемый год, темп вхождения в нерестовый запас, КПВ и долю производителей волжской популяции, мигрирующих на нерест в р. Волга, можно оценить численность и биомассу запаса севрюги в соответствующий год.

В качестве первого приближения принимаем, что осредненный возрастной состав нерестовой части популяции севрюги в р. Волге за 2007–2012 гг. оценивает темп вступления поколения в нерестовый запас. В 2007–2012 гг. пополнение нерестового запаса происходило с пятилетнего возраста, наибольшее количество составляли семилетние рыбы, и в старших возрастах наблюдалось сокращение численности особей в силу естественной и промысловой убыли до полного выхода из популяции в двадцатитрёхлетнем возрасте (рисунок 24).

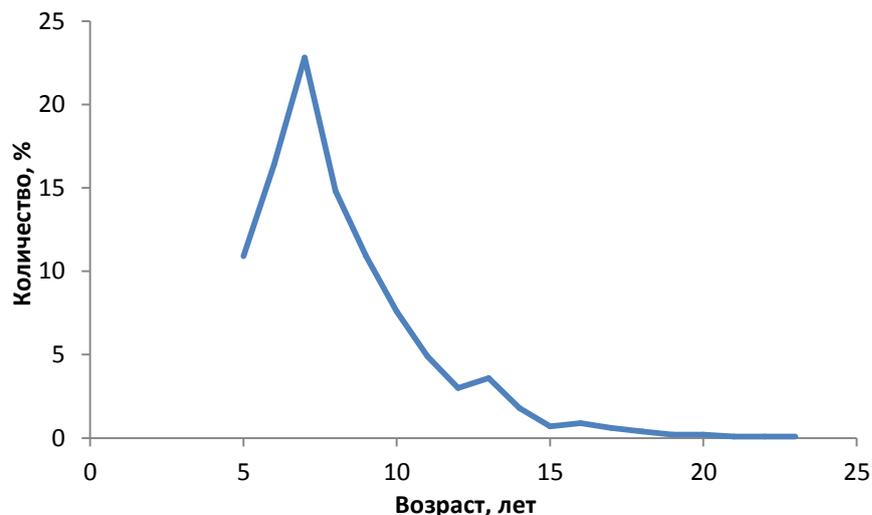


Рисунок 24. Средняя многолетняя возрастная структура нерестовой части популяции севрюги в р. Волге за период 2007–2012 гг.

При известном темпе вхождения в нерестовый запас особей севрюги можно определить поколения, участвующие в его формировании в рассматриваемый год. Исходя из возрастной структуры, представленной на рисунке 24, в 2017 г. нерестовый запас севрюги будут составлять особи поколений 1994–2012 гг. В таблице 22 представлены величины пополнений от естественного нереста и искусственного воспроизводства, т. е. личинок, скатывающихся с нерестилищ, и молоди, выпущенной ОРЗ дельты р. Волги, соответствующих поколений.

Таблица 22 – Величина пополнения от естественного и искусственного воспроизводства в поколениях, формирующих нерестовый запас севрюги в 2017 г.

Поколение (год)	Выпуск молоди ОРЗ, млн экз.*	Скат личинок, млн экз.**
2012	0,186	10,6
2011	0,0	8,0
2010	0,066	10,8
2009	4,862	10,0
2008	1,73	20,5
2007	7,156	93,4
2006	2,653	42,8
2005	3,315	92,9
2004	8,218	72,7
2003	15,188	189
2002	17,54	175,4
2001	24,321	237,6
2000	17,077	163,5
1999	20,352	119
1998	15,43	135,8
1997	8,83	107,8
1996	12,91	65,2
1995	14,73	226,8
1994	7,07	403,6

Примечание:

* – данные представлены лабораторией аквакультуры ФГБНУ «КаспНИРХ»,

** – данные представлены лабораторией естественного воспроизводства ФГБНУ «КаспНИРХ».

В расчётах нерестового запаса севрюги нами использован стохастический подход, выраженный в неопределённости КПВ, зависящего от многих факторов (биологических, абиотических и антропогенных), суммарный вклад которых в общую убыль изменяется от года к году в течение жизни особей. При генерации выборок случайных значений КПВ использовали логнормальное распределение для получения только положительных величин этого параметра. Для робастности получаемых величин нерестового запаса генерировали выборку объёмом $n = 5\,000$.

Неопределённость КПВ задаётся величиной стандартного отклонения через коэффициент вариации (CV) 33 %. Данная величина является максимально возможной, если совокупность является однородной и подчинена нормальному закону распределения (Балинова, 2004).

Генерация выборок КПВ производилась согласно логнормальному распределению, когда каждая выборка формировалась при следующих параметрах: для КПВ от естественного пополнения среднее равно $M = 0,05$ и $\sigma = 0,016$ ($\log\text{mean} = -3,05$ и $\log\text{sd} = 0,32$), для КПВ от искусственного пополнения $M = 0,9$ и $\sigma = 0,297$ ($\log\text{mean} = -0,157$ и $\log\text{sd} = 0,32$), где в качестве M брали соответствующие значения КПВ, полученные выше, σ – стандартное отклонение.

Зная КПВ от естественного и искусственного пополнений, объёмы естественного и искусственного воспроизводства поколений 1994–2012 гг. и осреднённую возрастную структуру нерестовой части популяции севрюги в р. Волге за 2007–2012 гг., можно оценить численность нерестового запаса севрюги в 2017 г. Расчёты проводились по следующей процедуре при 5 000 циклах:

$$N_y = (R_{y(\text{art})}k_{\text{art}}) + (R_{y(\text{nat})}k_{\text{nat}}), \quad (11)$$

где N_y – численность промыслового возврата от поколения года (y); $R_{y(\text{art})}$ – объём искусственного пополнения от поколения года (y) (таблица 22); $R_{y(\text{nat})}$ – объём естественного пополнения от поколения года (y) (таблица 22); k_{art} – коэффициент промыслового возврата от искусственного пополнения (выраженный в долях); k_{nat} – коэффициент промыслового возврата от естественного пополнения (выраженный в долях). Тогда численность нерестового запаса в оцениваемый год рассчитывается следующим образом:

$$N_{SS(Y)} = \sum(N_y r_a), \quad (12)$$

где $N_{SS(Y)}$ – численность нерестового запаса в оцениваемый год (Y); r_a – векторная величина доли поколения года (y), участвующего в формировании численности нерестового запаса в возрасте (a) (рисунок 22). Численность нерестового запаса, заходящего в р. Волгу, рассчитывается по следующему выражению:

$$N_{VSS(Y)} = N_{SS(Y)}\gamma, \quad (13)$$

где $N_{VSS(Y)}$ – численность нерестового запаса в оцениваемый год (Y), заходящего в р. Волгу; γ – доля производителей, заходящих на нерест в р. Волгу. Биомасса нерестового запаса, заходящего в р. Волгу, вычисляется следующим образом:

$$B_{VSS(Y)} = N_{VSS(Y)}m, \quad (14)$$

где $B_{VSS(Y)}$ – биомасса нерестового запаса в оцениваемый год (Y), заходящего в р. Волгу, m – средняя масса особей производителей, заходящих на нерест в р. Волгу.

Так как количество стохастических расчётов велико ($n = 5\,000$), вычисления были автоматизированы в скрипте программной среды R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing.

Результаты проведённых расчётов нерестового запаса севрюги на 2017 г. при известных входных параметрах КПВ от естественного и искусственного пополнений, объёмов ската личинок с нерестилиц и молоди с осетровых рыбозаводных заводов, осреднённой возрастной структуре нерестовой части популяции севрюги в р. Волге за 2007–2012 гг., доле заходящих на нерест в р. Волгу производителей волжской популяции, равной 95,7 %, и средней навеске 4,6 кг представлены в таблице 23 и на рисунке 25.

Так как полученные распределения величин нерестового запаса севрюги волжской популяции на 2017 г. отличны от нормального, что подтверждается результатами теста Шапиро – Уилка ($W = 0,92$ при $p < 2,2e^{-16}$), величина запаса определяется по значению медианы из полученных распределений. Таким

образом, численность нерестового запаса севрюги в 2017 г. р. Волге может составить 0,038 млн экз., а его биомасса – 0,177 тыс.т (таблица 23).

Таблица 23 – Результаты стохастических расчётов прогнозной величины нерестового запаса севрюги р. Волги на 2017 г.

Величина нерестового запаса	Min	25 % процентиль	Медиана (Me)	Среднее (M)	75 % процентиль	Max
Численность, млн экз.	0,011	0,031	0,038	0,040	0,048	0,143
Биомасса, тыс. т	0,049	0,142	0,177	0,186	0,220	0,656

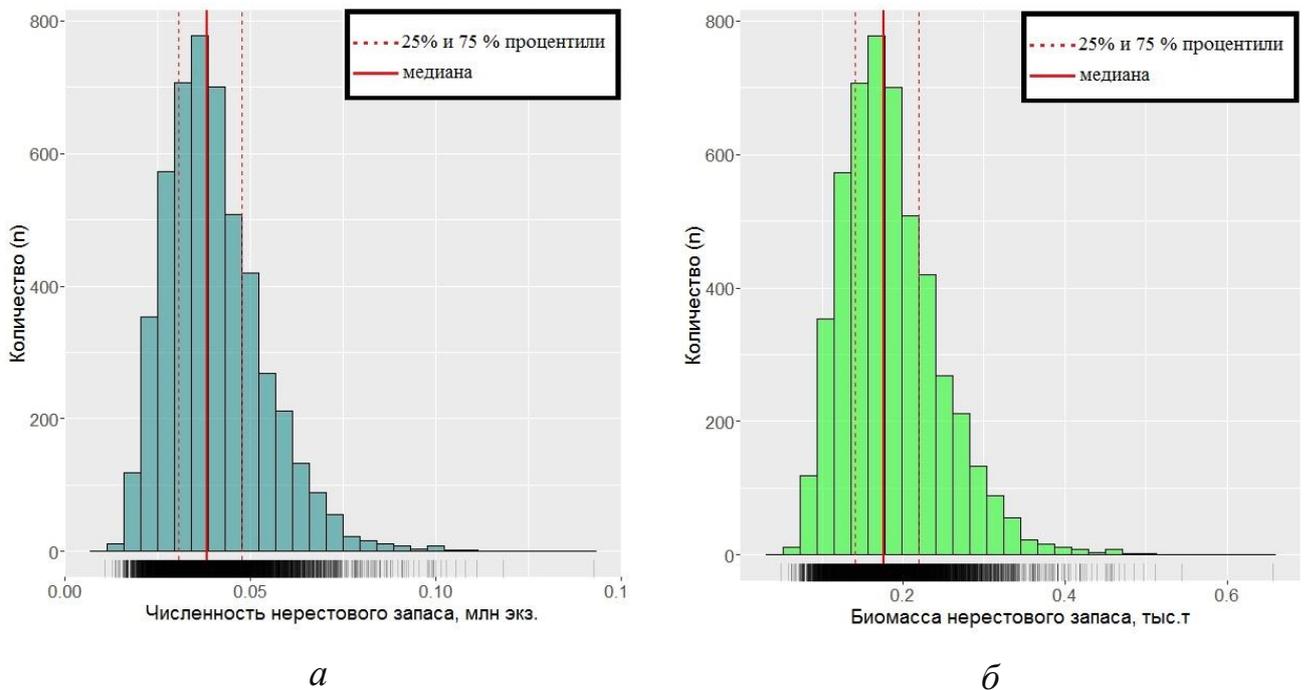


Рисунок 25. Гистограммы распределения стохастических расчётов прогнозной величины нерестового запаса севрюги в р. Волге на 2017 г.:

а – численность, млн экз.; *б* – биомасса, тыс. т

5.2. Модель запаса севрюги волжской популяции по методу DB-SRA

Сокращение численности севрюги, отсутствие съёмов по всей акватории Каспийского моря и введение моратория на промысловый лов привели к прерыванию ряда наблюдений по данному виду. Собираемый материал для оценки запаса стал нерепрезентативным и не даёт возможности применять

математические когортные модели. Таким образом, запас севрюги можно отнести к группе запасов с ограниченной информационной обеспеченностью. В этом случае в международной практике рекомендуется применять различные трендовые и индикаторные методы, упрощённые производственные модели. Одним из таких методов является модель DB-SRA.

В данном разделе работы представляется применение метода DB-SRA к запасу волжской популяции севрюги Каспийского моря. Модель позволила определить ориентиры управления (максимальный устойчивый улов MSY , биомассу, продуцирующую максимальный устойчивый улов B_{MSY} , и целевой коэффициент промысловой смертности F_{MSY}), динамику биомассы запаса в ретроспективный период; оценить современное влияние браконьерства, роль пополнения запаса от искусственного воспроизводства; а также рассмотреть сценарии развития запаса в будущем при различных условиях его эксплуатации.

Данные уловов, возраст и темп созревания. Севрюга распространена по всему Каспийскому морю. В весенний период особи с созревшими половыми продуктами совершают нерестовые миграции в реки Каспийского бассейна. Как было указано в параграфе 5.1, у севрюги были выделены три «привязанных» к нерестовым рекам популяции: волжская, уральская и южно-каспийская (Переварюха, 1982; Переварюха и др., 1985, 1999, 2003). Таким образом, используя речные уловы в соответствующих реках, можно выделить промысловые запасы отдельных популяций севрюги для дальнейшей их оценки и моделирования.

Для построения модели промыслового запаса волжской популяции севрюги Каспийского моря в данной работе использованы официальные величины промыслового изъятия в р. Волге с 1932 по 2005 гг. (Ходоревская и др., 2007а), а с 2006 по 2015 гг. – суммарное изъятие для научно-исследовательских работ ФГБНУ «КаспНИРХ» в море и для целей искусственного воспроизводства в р. Волге (рисунок 26). Используются также оценки нелегального вылова в ретроспективный период начиная с 1989 г.

Оценка темпа созревания севрюги проведена по данным, полученным из полностью обловленных поколений 1981–1991 гг. Расчёты показали, что медиана возраста созревания производителей этого вида находится на уровне 10 лет.

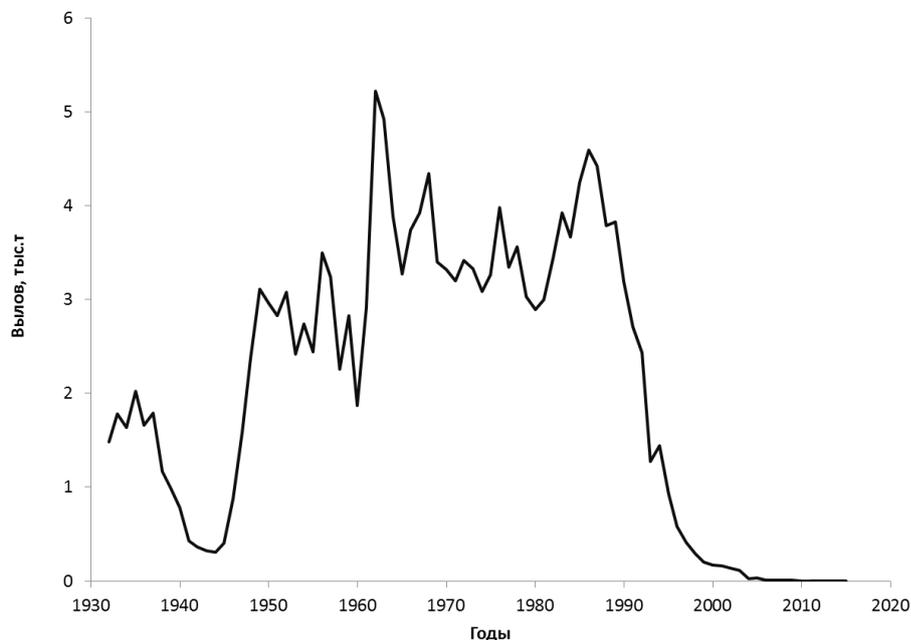


Рисунок 26. Официальные величины изъятия севрюги в р. Волге в 1932–2015 гг.

Модель DB-SRA. Появление модели DB-SRA имеет свою предысторию, в её основе лежат появившиеся ранее подходы к оценке возможного вылова в условиях ограниченной информации. Сначала была предложена модель SRA (Stock reduction analysis) (Kimura et al., 1982, 1984), в которой данные исторических уловов и оценка относительного снижения запаса в результате промысла использовались для построения возможной динамики запаса. Позднее Уолтерс с соавторами (Walters et al., 2006) усовершенствовали эту модель, добавив в неё стохастический подход. Затем Маккол (MacCall, 2009) разработал модель DCAC (Depletion-corrected average catch) для того, чтобы оценить потенциальный улов запаса на основе двух приближенных оценок параметров $B_{MSY} = 0,5B_0$ и $F_{MSY} = M$ (Alverson, Pereyra, 1969; Gulland, 1971). Наконец, все три подхода были объединены в модель DB-SRA (Dick, MacCall, 2011), которая использует метод Монте-Карло и требует задания априорных вероятностных распределений входных параметров для построения текущего состояния запаса и ориентиров управления.

Модель DB-SRA, используемая для оценки запасов с бедным информационным обеспечением, позволяет оценить биологические ориентиры (MSY , B_{MSY}), а также значения биомассы запаса по годам и первоначальную биомассу необлавливаемого запаса K . Для модели DB-SRA должны быть предварительно заданы значения четырёх входных её параметров (в качестве стартовых значений параметров): M – мгновенная естественная смертность; F_{MSY}/M – отношение промысловой смертности, соответствующей вылову MSY , к естественной смертности; B_{MSY}/K – отношение значения биомассы, продуцирующей MSY , к биомассе необлавливаемого запаса; B_T/K – отношение биомассы запаса в год-ориентир T к биомассе необлавливаемого запаса (это отношение называется коэффициентом истощения запаса). В качестве года T рекомендуется выбрать год, для которого известна приблизительная оценка запаса, это не обязательно последний год ретроспективного интервала. Также требуется задать диапазон возможных значений биомассы необлавливаемого запаса K .

Поскольку заданные значения входных параметров не являются точными оценками, их заменяют априорными вероятностными распределениями. В процессе работы модели оценки этих параметров уточняются.

В DB-SRA реализована конечно-разностная продукционная модель с задержкой (15):

$$B_t = B_{t-1} + P(B_{t-a}) - C_{\Sigma, t-1}, \quad (15)$$

где B_t – биомасса запаса в год t ; $P(B_{t-a})$ – скрытая годовая продукция, которая является функцией биомассы запаса a лет назад (здесь a – медиана возраста созревания особей в популяции); $C_{\Sigma, t-1}$ – суммарный вылов в год $t-1$. В нашем случае суммарный вылов равен сумме официального вылова C_{t-1} и нелегального вылова IC_{t-1} .

Функциональная зависимость продукции от биомассы запаса $P(B)$ в общем случае может иметь разную форму, но авторы (Dick, MacCall, 2011) использовали гибридную модель, представляющую собой сочетание продукционной модели Шефера при $B < B_{join}$ и модели РТФ при $B \geq B_{join}$, где B_{join} – точка пересечения

уравнений двух моделей (16) и (17). Здесь РТФ – обозначение модификации Флетчера (Fletcher, 1978) модели Пелла-Томлинсона (Pella, Tomlinson, 1969) – имеет вид:

$$P(t) = gm(B_{t-a}/K) - gm(B_{t-a}/K)^n. \quad (16)$$

Показатель степени $n > 0$ определяет асимметричность функции $P(B)$, $g = n^{n/(n-1)}/(n-1)$ – функция от n ($g > 0$ при $n > 1$ и $g < 0$ при $0 < n < 1$), m – максимум продукции (равный MSY); K – значение необлавливаемой биомассы, $B_{MSY}/K = n^{1/(1-n)}$ для $n \neq 1$, и $B_{MSY}/K = e^{-1} \approx 0,37$ при $n = 1$.

Продукционная функция РТФ приводит к нереально высоким значениям отношения продукции к биомассе (P/B) при низких значениях биомассы, т. е. в случае сильно скошенной продукционной кривой (особенно при $B_{MSY}/K < e^{-1} \approx 0,37$). Поэтому при низких значениях биомассы рекомендуется использовать модель Шефера, которая записывается в виде:

$$P(B_{t-a}) = B_{t-a} \left(\frac{P(B_{join})}{B_{join}} + c(B_{t-a} - B_{join}) \right). \quad (17)$$

Коэффициент c в уравнении (17) определяется по формуле:

$$c = \{(1 - n)gmB_{join}^{n-2}K^n\}. \quad (18)$$

Краткое описание алгоритма ретроспективной модели DB-SRA.

Подробно алгоритм модели описан в работах (Dick, MacCall, 2011; Булгакова и др., 2016), здесь перечислим его основные моменты. Проводится серия реализаций модели, для каждой реализации по заданным вероятностным распределениям каждого из 4-х входных параметров (M , F_{MSY}/M , B_{MSY}/K , B_T/K) случайно выбирается по одному значению. Используя эти значения, рассчитываются параметры продукционной функции и ориентиры управления.

Для каждой реализации проводится расчёт биомассы от начального значения биомассы запаса $B_0 = K$ до B_T по уравнению (15). Итеративно выбирается такое значение K , при котором «истощение» биомассы в год T будет равно его заданному (входному) значению B_T/K . Траектории, в которых хотя бы для одного года получается отрицательное значение биомассы, отбрасываются.

По оставшимся реализациям рассчитываются апостериорные распределения вероятности для биологических ориентиров по биомассе и промысловой смертности, а также необходимая статистика. После получения уточнённых оценок четырёх параметров модель (15) позволит рассчитать динамику запаса в ретроспективе, а затем сделать прогноз запаса на заданное количество лет вперёд.

Расчёты по модели DB-SRA выполнялись в программной среде R Core Team (2016), скрипт процедуры расчётов реализован в пакете {fishmethods} (Nelson, 2017). Разработчик данного пакета ввёл дополнительный параметр B_1/K (истощение запаса в первый год используемого временного ряда уловов относительно к биомассе необлавливаемого запаса). Новый параметр позволяет обойти первоначальное требование метода в необходимости использования всего ряда уловов с момента начала промысла и не вносит изменения в расчётные формулы метода.

Входные данные модели. Оценки входных параметров модели несут в себе неопределённость, так как получены эмпирически. Использование вероятностного распределения позволяет включить неопределённость данных параметров. Тип распределения выбирался согласно рекомендациям авторов модели DB-SRA (Dick, MacCall, 2011).

Значения M для севрюги волжской популяции Каспийского моря, полученные по литературным данным и оценённые эмпирическими методами, колеблются в довольно больших пределах: от 0,06 до 0,21 (таблица 24). Эмпирические методы оценки M имеют свои ограничения и не всегда могут быть достаточно обоснованными. «В этой связи очень часто ученые просто принимают некоторое значение естественной смертности, оцененное любым способом, и затем постоянно используют его в моделях» (Шибяев, 2014, с. 209).

В первых прогонах модели стартовое значение коэффициента M выбирали в пределах 0,10–0,12, но при этом апостериорное значение этого параметра получалось значительно ниже, а количество оставленных прогонов после отбрасывания таковых с отрицательными значениями биомассы было слишком малым. Для увеличения количества оставленных прогонов решено в качестве

стартового значения выбирать значение $M < 0,10$. Окончательное значение M для запуска модели составило $M = 0,075$ и стандартное отклонение (SD) = 0,023 (т. е. 30 % от среднего), что входит в границы оценок этого параметра, представленных в таблице 24. При этом логнормальное распределение запишется как $\ln(-2,64; 0,3)$.

Таблица 24 – Оценки постоянного по возрастам коэффициента мгновенной естественной смертности волжской популяции севрюги Каспийского моря, полученные разными методами

Данные	Соотношение	Величина M	Источник
Литературные	–	0,10	Вовк, Пашкин, 1971
		0,09	Сливка и др., 1982
		0,21	Сафаралиев, 2013
Эмпирические	$M = 1,5k$	0,108–0,106	Jensen, 1996
	$M = 4,2/t_{\max}$	0,102–0,135	Hewitt, Hoenig, 2005
	$M = 1,6/t_m$	0,160	Jensen, 1996
	$M = 1,521/t_n^{0,72} - 0,155$	0,120	Рихтер, Ефанов, 1977
	$M = 3k / (\exp(0,25kt_{\max}) - 1)$	0,060–0,200	Alverson, Carney, 1975
	$M = \exp(1,46 - 1,01\ln(t_{\max}))$	0,100–0,130	Hoenig, 1983

Примечание: k – коэффициент роста Берталанфи (0,071 по данным Сливка и др., 1982; 0,072 по данным Сафаралиева, 2013); t_{\max} – максимальная продолжительность жизни (41 год по данным Цепкина, Соколова, 1971; 31 год по данным Легеза и др., 1989); t_m – возраст массового полового созревания (50%) (10 лет по данным полностью обловленных поколений 1981–1991 гг.); t_n – возраст массового полового созревания (70 %) (11 лет по данным полностью обловленных поколений 1981–1991 гг.).

Галланд (Gulland, 1971) установил, что отношение F_{MSY}/M часто близко к 1. Но позднее данную величину было решено выбирать из интервала 0,5–1,0 в зависимости от средней продолжительности жизни объекта промысла: большее значение для длинноцикловых видов и меньшее – для короткоцикловых (Бабаян,

2000). Севрюга является длинноцикловым видом рыбы. Её максимальный возраст был определён по спилам грудных плавников и составил от 31 до 41 года (Цепкин, Соколов, 1971; Беляева и др., 1989). Принимая во внимание продолжительность жизни севрюги, выбрано среднее значение $F_{MSY} / M = 0,75$ и его $SD = 0,075$, тогда лог-нормальное распределение этого отношения запишется как $\ln(-0,29; 0,1)$. Отметим, что для этого параметра и для B_{MSY} / K стандартное отклонение произвольно принято равным 10 % от среднего.

Величина B_{MSY} / K лежит в пределах 0,0–1,0 и, как правило, находится в границах более узкого диапазона для отдельных категорий рыб, которые классифицируются по продуктивности вида. Критериями уровня продуктивности служат коэффициент уравнения Берталанфи (k), максимальная продолжительность жизни, возраст созревания и т. д. (Musick, 1999). Коэффициент k севрюги волжской популяции составляет 0,071–0,072 (Сливка и др., 1982; Сафаралиев, 2013), максимальная продолжительность жизни, по эмпирическим наблюдениям, колеблется от 31 до 41 года, а возраст созревания 50 % особей равен 10 годам. В соответствии с данными биологическими параметрами севрюгу можно отнести к группе запасов с очень низкой продуктивностью, у которых величина B_{MSY} / K превышает 0,45 (FAO, 2005).

Низкая продукционная способность запаса севрюги, т. е. способность запаса увеличивать свою биомассу за счёт процессов воспроизводства и весового роста (Бабаян, 1990), является следствием негативного воздействия антропогенных факторов на воспроизводительную способность запаса. С возведением каскада волжских водохранилищ для севрюги были потеряны нерестилища от Волжской ГЭС до г. Камышин. Участок нижней Волги от Волгоградской плотины до взморья стал полностью определять масштабы естественного воспроизводства этого вида. В настоящее время нерестилища севрюги составляют не более 191,5 га (Власенко и др., 2012). В условиях зарегулирования стока эффективность размножения находится в прямой зависимости от попусков воды в нижний бьеф Волгоградского гидроузла. В маловодные годы при неблагоприятных гидрологических условиях промысловый возврат может ожидаться в 6–7 раз

ниже, чем в годы с оптимальной водностью (Ходоревская и др., 2007б). В наименьшей степени на процесс воспроизводства и темп весового роста севрюги влияет загрязнение окружающей среды на местах нагула в море и нерестилищах Волги.

Режим промысла 1960–2000 гг. значительно повлиял на состояние запаса севрюги в настоящее время. В условиях кратковременных превышений объемов вылова относительно величины MSY в 1960–1987 гг. наблюдалась некоторая стабилизация биомассы выше B_{MSY} на фоне основного отрицательного тренда. Последующее беспрецедентное давление браконьерства в 1990-х гг., приведшее к критическому падению биомассы промыслового запаса, вынудило отнести вид к категории «в критической опасности» (Critically Endangered) по классификации Международного союза охраны природы (International Union for Conservation of Nature) (Freyhof, Brooks, 2011).

По литературным данным, абсолютная численность севрюги всех трёх популяций (волжская, уральская и куринская) в Каспийском море снизилась с 67,7 млн экз. в 1978 г. до средней величины 8,0 млн экз. в 2003–2005 гг. (Рубан и др., 2015). В северо-западной части и на западном склоне средней части Каспийского моря, где преобладает севрюга волжской популяции (Переварюха и др., 2005), численность этого вида за период 2005–2014 гг. упала с 4,9 до 0,99 млн экз., а промысловый запас в период 2007–2011 гг. с 11,14 до 3,81 тыс. т (Сафаралиев, 2012; Довгопол и др., 2015). Таким образом, за рассмотренный период 1978–2014 гг. при сокращении абсолютной численности соответственно уменьшалась биомасса промыслового запаса. При значении B_{MSY} / K , равном 0,6, модель показывала схожую динамику стремительного сокращения биомассы промыслового запаса, если рассматривать представленные значения абсолютной численности и промыслового запаса как индексы обилия. Таким образом, в модели было решено использовать значение B_{MSY} / K , равное 0,6, при котором модельная динамика запаса в ретроспективе соответствует нашим представлениям о запасах севрюги её волжской популяции. В качестве

вероятностного распределения этого отношения принято бета-распределение со следующими параметрами: среднее значение $B_{MSY}/K = 0,6$ и $SD = 0,06$.

Величину B_T/K установили методом итераций, остановившись на значении 0,05 и $SD = 0,015$ и заложив в модель бета-распределение. Чувствительность модели DB-SRA к данному параметру наиболее высока (Dick, MacCall, 2011; Wetzel, Punt, 2011), поскольку именно на значение B_T/K настраивается оценка параметра K в каждой из реализаций. Поэтому для этого параметра принимаем значение SD , равное 30 % от среднего. При $B_T/K = 0,05$ получаемая траектория промысловой биомассы севрюги проходит близко к величине биомассы на начало года-ориентира (2009), которая получена суммированием результатов оценки промыслового запаса по летней осетровой траловой съёмке и экспертной оценке ННН-промысла и составляет 5,8 тыс. т.

Истощение запаса B_I/K так же как и величину B_T/K установили методом итераций, приняв значение равное 0,6 и $SD = 0,06$ при заданной форме нормального распределения сгенерированных величин.

Нижняя граница диапазона допустимых значений K была принята равной наибольшей наблюдаемой величине промыслового запаса севрюги за период 1994–2015 гг. – 59,3 тыс. т (Сливка и др., 2000). Таким образом, поиск вероятной величины необлавливаемого запаса проводился в диапазоне 60–300 тыс. т.

ННН-промысел и его компонента в модели DB-SRA. Процедура оценки ННН-промысла и её результаты были представлены в гл. 4. Как указано выше, компонента IC , представляющая ННН-промысел, вошла в уравнение (15) как составляющая общего вылова для ретроспективного анализа запаса севрюги.

5.2.1. Результаты настройки модели DB-SRA

Настройка модели показала, что удовлетворительная робастность выходных величин модели достигается при общем количестве реализаций 20 000, из которых 2 663 реализаций были приняты в качестве возможных траекторий биомассы. В таблице 25 и на рисунке 27 представлены апостериорные значения и вероятностные распределения принятых и отклонённых величин параметров

модели DB-SRA и оценённых целевых ориентиров запаса севрюги волжской популяции Каспийского моря.

Сравнительный анализ массивов принятых и отклонённых величин B_{MSY}/K , B_T/K , F_{MSY}/M и M показывает, что форма их соответствующих распределений схожа, а диапазон принятых значений уже, чем отклонённых (рисунок 27а, б, в, г). Значения медианы апостериорных соответствующих принятых величин (B_{MSY}/K , B_T/K , F_{MSY}/M , B_I/K и M) на выходе модели близки к начальным входным значениям (таблица 25). В совокупности это указывает на адекватность выбранных начальных значений и заданных типов распределений для входных параметров модели.

Таблица 25 – Апостериорные параметры модели DB-SRA и оценённые целевые ориентиры запаса севрюги волжской популяции Каспийского моря

Показатель	Параметры модели и целевые ориентиры запаса								
	B_{MSY} , тыс.т	B_{MSY}/K	B_T/K	B_I/K	F_{MSY} , 1/год	F_{MSY}/M	K , тыс.т,	M ,1/год	MSY , тыс.т
Медиана	64,1	0,6	0,06	0,61	0,05	0,75	115,5	0,07	3,37
Процентиль 2,5 %	45,6	0,5	0,04	0,49	0,03	0,62	76,4	0,04	2,76
Процентиль 97,5 %	105,1	0,7	0,09	0,72	0,10	0,92	156,1	0,13	4,09
Min	3,8	0,4	0,03	0,41	0,01	0,52	71,5	0,02	2,01
Max	185,0	0,8	0,12	0,80	0,13	1,0	286,2	0,16	4,71

Форма распределения принятых значений целевых ориентиров запаса севрюги (B_{MSY} , F_{MSY} , MSY) отражает множество принятых траекторий рассчитанной биомассы, которое не выходит из заданных границ начальной биомассы (K) и отношения B_T/K (рисунок 27д, е, ж).

Распределение значений K демонстрирует прерывистость множества допустимых значений начальной биомассы (рисунок 27з). При дополнительных исследованиях оказалось, что такой характер динамики запаса проявляется при относительно небольшом количестве принятых реализаций и довольно низкой

5.2.2. Ретроспективная модель запаса

На рисунке 28 представлены траектории принятых и отклонённых ретроспективных вероятностных оценок биомассы промыслового запаса волжской популяции севрюги по модели DB-SRA.

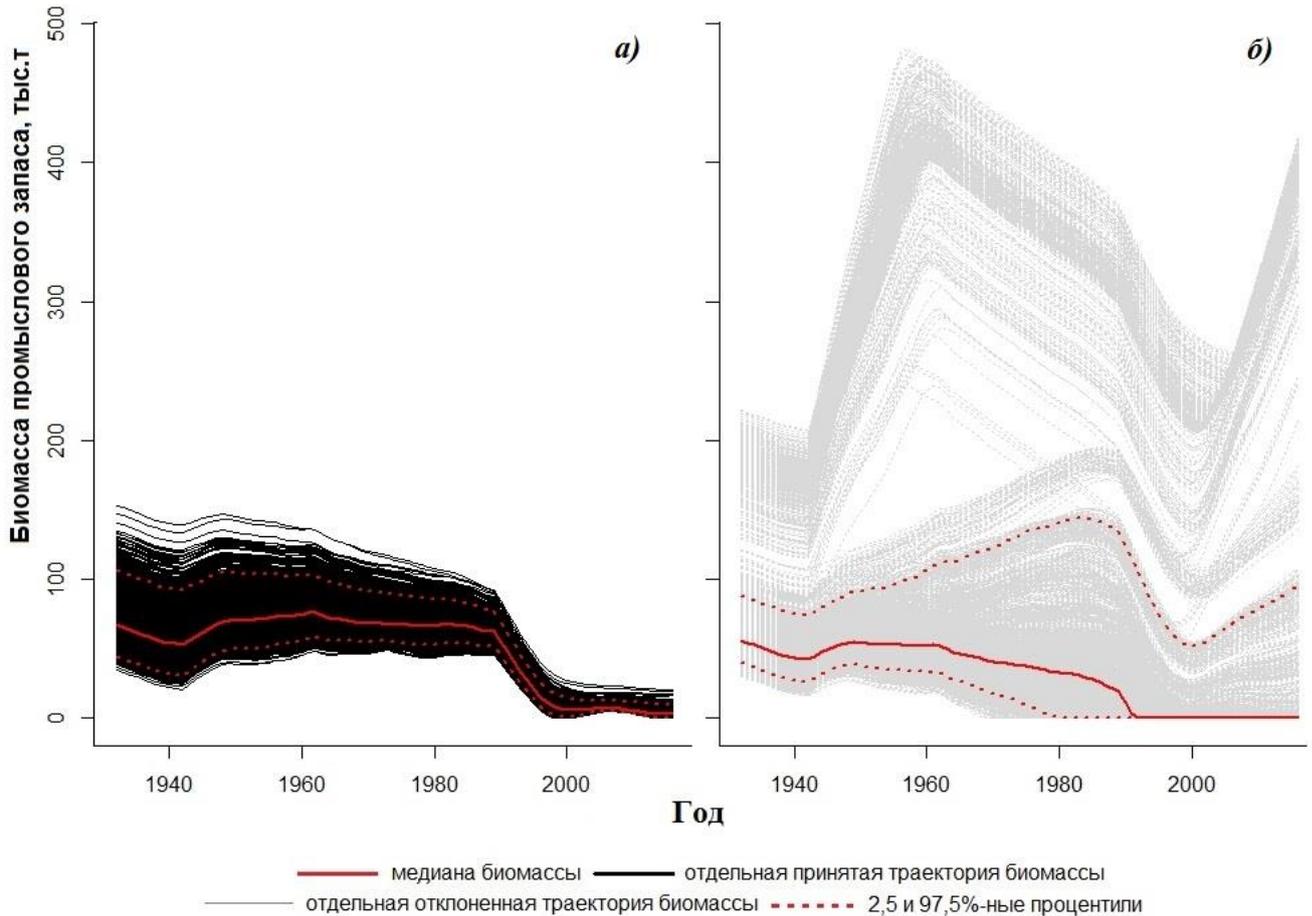


Рисунок 28. Принятые (а) и отклонённые (б) траектории биомассы промыслового запаса волжской популяции севрюги Каспийского моря по модели DB-SRA

Оценённая ретроспективная динамика промыслового запаса севрюги за период 1932–2016 гг. относительно ориентира B_{MSY} представлена на рисунке 29. Результаты модели B_t (2008-2015) сопоставляли с оценками биомассы промыслового запаса севрюги в период с 2008 по 2015 гг., полученными суммированием оценок по траловым съёмкам с экспертной оценкой ННН-промысла в соответствующие годы. Траектории величин биомассы по DB-SRA и съёмкам достаточно хорошо

повторяют друг друга, что позволяет сделать заключение о достоверности построенной модели.

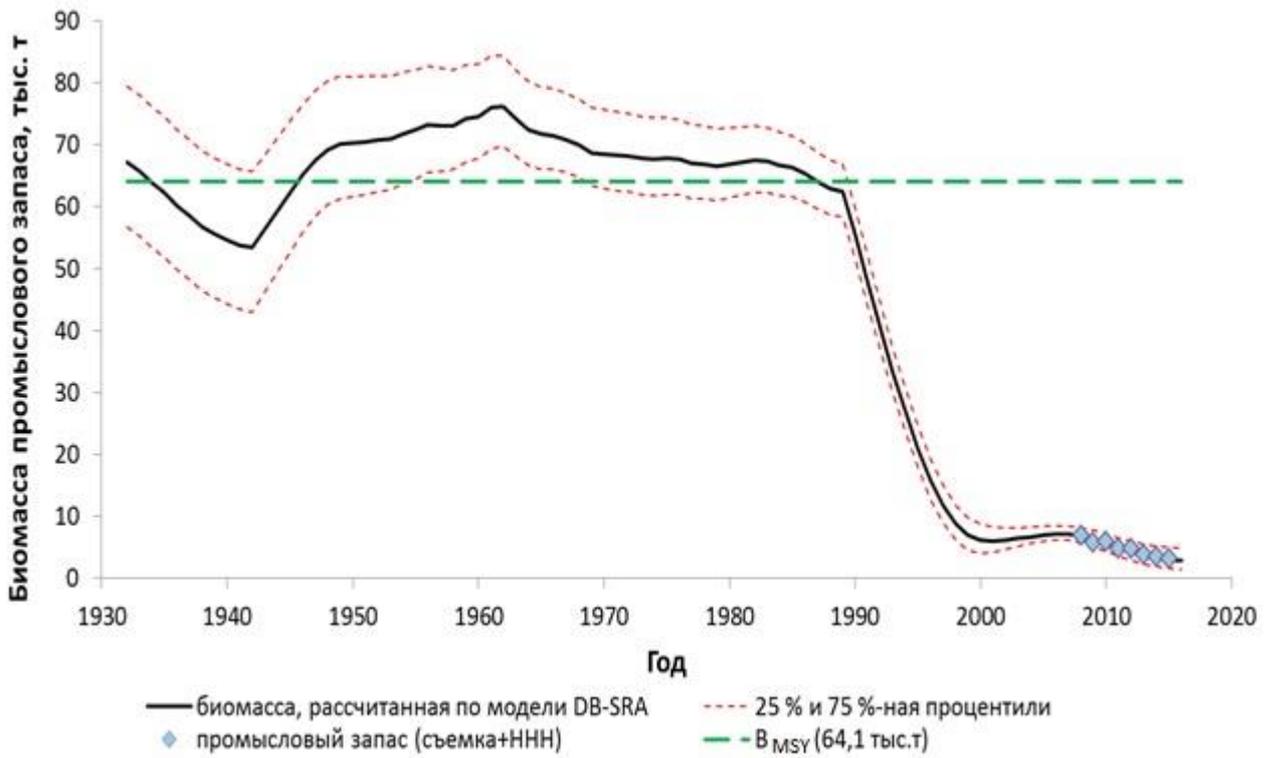


Рисунок 29. Динамика промыслового запаса волжской популяции севрюги Каспийского моря по модели DB-SRA

Модель показывает, что в 1932–2016 гг. величины биомассы запаса севрюги представлены сложной динамикой, зависящей от интенсивности промысла и его регулирования на отдельно взятых ретроспективных промежутках лет (рисунок 29).

В период 1932–1940 гг. повсеместно в Каспийском море велся интенсивный промысел севрюги снастями (крючьями) и сетями ячеей 100–110 мм, при котором добывались и неполовозрелые рыбы (Коробочкина, 1964). Таким образом, перелов и, в частности, изъятие рыб непромысловых размеров вызвали истощение запаса ниже оценённой величины B_{MSY} (рисунок 29).

Ослабление промысла в 1941–1945 гг. в силу социальных причин (Великая Отечественная война 1941–1945 гг.) и вселение в 1939–1940 гг.

многощетинкового червя *H. diversicolor* позволило запасу севрюги начать период восстановления (Шубина, 1975). В 1946 г. величина биомассы достигла целевого ориентира B_{MSY} и продолжала расти до 1962 г. В 1962 г. наблюдался пик вылова и биомассы запаса (рисунки 29 и 30) из-за вступления в промысел урожайных поколений 1948–1952 гг. (Коробочкина, 1964).

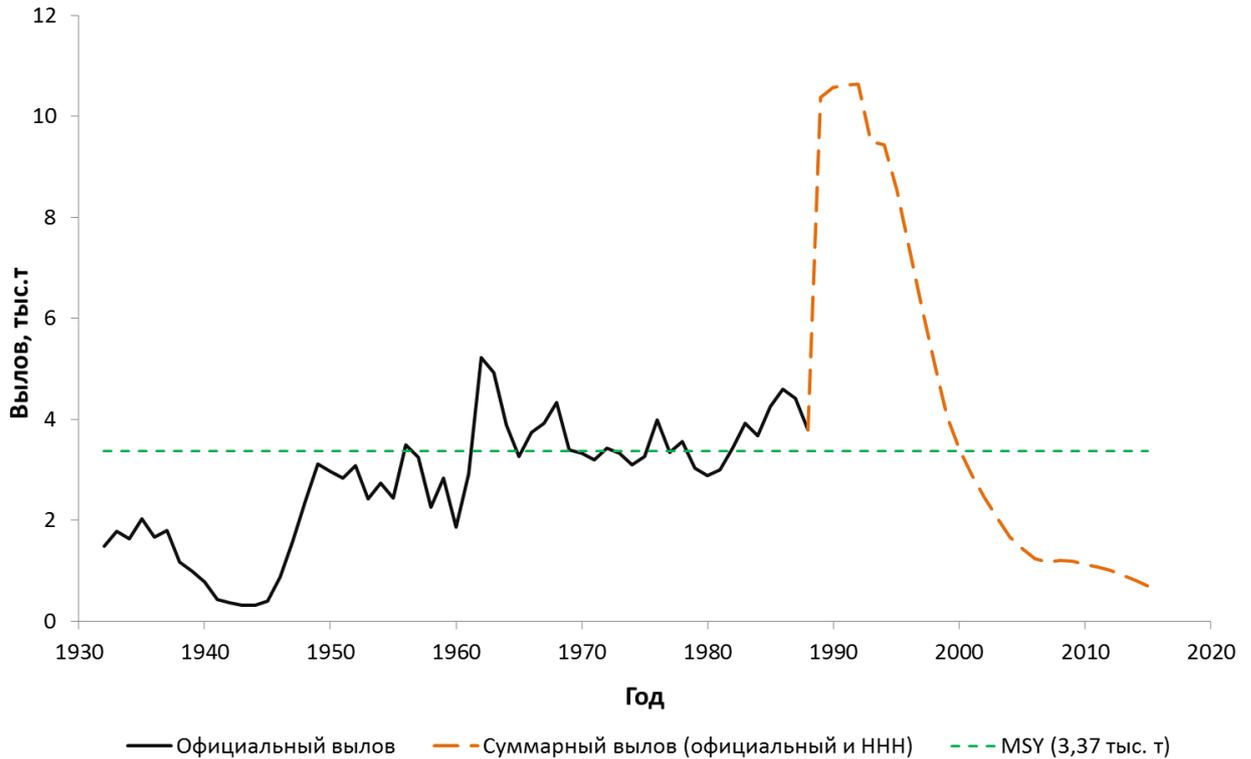


Рисунок 30. Динамика изъятия промыслового запаса севрюги волжской популяции Каспийского моря за период 1932–2015 гг.

Период 1963–1988 гг. характеризуется относительно стабильными величинами биомассы запаса, которые определялись положительными и отрицательными факторами (рисунок 29). Из положительных – полный запрет промысла в море осетровых (1962–1964 гг.); в формировании запаса и уловов до начала 70-х гг. принимали участие многочисленные поколения от естественного воспроизводства, появившиеся до зарегулирования стока Нижней Волги (строительство Волжской ГЭС – 1958 г.); ввод в эксплуатацию ОРЗ в дельте р. Волги (искусственное пополнение); регулирование промысла (в 1964–1980 гг.

вылов осетровых разрешён с 15 мая по 30 июня и с 1 сентября до заморозков, в 1981–1990 гг. – с 15 мая по 20 июня и с 1 сентября до заморозков) (Коробочкина, 1964; Ходоревская и др. 2007а; Ruban, Khodorevskaya, 2011). Из отрицательных – строительство Волжской ГЭС сократило площади нерестилищ севрюги до 60 % и нарушило гидрологический режим весенних паводков, повлекшее за собой гибель икры и производителей, совмещение сроков нереста и мест икрометания разных видов осетровых рыб, сокращение сроков пребывания молоди на местах откорма, в связи с чем она преждевременно скатывалась с нерестилищ (Власенко, 1982; Рубан и др. 2017).

В 1988 г. биомасса запаса пересекает оптимальный уровень величины B_{MSY} , после чего траектория запаса стремительно снижается и за рассматриваемый период на более высокий уровень не возвращается (рисунок 29).

Сравнительный анализ объёма официального и браконьерского изъятий севрюги и величины найденного ориентира MSY показал, что начиная с 1960-х гг. периодически наблюдалась незначительная переэксплуатация запаса. С распадом СССР и ослаблением контроля за биоресурсами Каспийского моря значительно возрастает ННН-промысел, и с 1989 по 2000 гг. перелов становится постоянным явлением, причём общая величина улова может превышать уровень MSY в 3,2 раза (рисунок 30). Период 1989–2000 гг. – критический для севрюги, в это время её запас был окончательно подорван и вплоть до 2016 г. продолжал сокращаться.

Таким образом, расчёты по модели DB-SRA показали, что MSY волжской популяции севрюги Каспийского моря составляет 3,37 тыс. т, биомасса промыслового запаса B_{MSY} , продуцирующая MSY , равна 64,1 тыс. т, а коэффициент промысловой смертности (F_{MSY}), соответствующий MSY и B_{MSY} , должен быть 0,05.

5.2.3. Возможные сценарии восстановления запаса в будущем

Рассмотренные выше результаты модели показали, что запас севрюги в настоящее время находится в депрессивном состоянии. Величина текущего состояния биомассы на 2016 г. составляет 4,4 % от B_{MSY} . Возможно ли восстановление запаса севрюги в современных условиях при браконьерском

вылове и какие необходимы для этого рекреационные мероприятия? Модель DB-SRA позволяет ответить на эти вопросы при реализации в ней предполагаемых сценариев эксплуатации запаса. Для этого были рассмотрены три сценария с соответствующей модификацией уравнения модели DB-SRA (15).

Целью первого сценария было проследить динамику запаса в условиях современного давления браконьерства и осуществляемого объёма искусственного пополнения от ОРЗ дельты р. Волги. В связи с этим в уравнение модели две компоненты вылова – официальный вылов (C) и ННН-промысел (IC) – были внесены отдельно, а также включено пополнение от искусственного воспроизводства R . В этом случае уравнение принимает следующий вид:

$$B_t = B_{t-1} + P(B_{t-a}) - C_{t-1} - IC_{t-1} + R_{t-1}. \quad (19)$$

Поскольку промысел севрюги приостановлен в 2005 г. в связи с Распоряжением Правительства РФ от 18.12.2004 г. № 1668р, изъятие стало возможно только для целей научно-исследовательских работ (НИР) и искусственного воспроизводства. Официальный вылов (C) в уравнении (19) равен сумме объёма изъятия для НИР и искусственного воспроизводства. В расчёты закладывалась величина (C) равная 1,0 т. Величина ННН-промысла (IC) в год (t) в прогнозной части модели принималась равной как 30,0 % от суммы биомассы, оценённой подмоделью $P(B_{t-a})$ на начало года, и пополнением от искусственного воспроизводства (R_t).

Пополнение от искусственного воспроизводства (R) представлено функцией количества сеголеток поколений, формирующих запас в соответствующий год; коэффициентом промыслового возврата; темпом вступления в промысел, который оценен по усредненной возрастной структуре нерестовой части популяции севрюги в р. Волге за период 2007–2012 гг. при средней массе особи промыслового стада, принятой 4,6 кг. Более подробно процедура расчётов (R) описана в параграфе 5.1 настоящей работы. Начиная с 2016 г. и далее количество выпускаемых сеголеток севрюги осетровыми заводами Астраханской области принималось равным 0,161 млн экз. как среднее за период 2012–2015 гг. До 2016

г. численность сеголеток для оценки пополнения (R) бралась по фактическому выпуску заводами.

Получаемые величины запаса севрюги через КПВ представляют биомассу нерестового запаса, т. е. особей заходящих на нерест в р. Волгу. Модель DB-SRA оценивает биомассу промыслового запаса, в который входит и нерестовый. По данным летних осетровых съёмок 2000–2013 гг., средняя доля нерестового запаса в промысловом составляла 11,0 %. Отсюда, зная величину пополнения нерестового запаса севрюги волжской популяции от искусственного воспроизводства, можно оценить пополнение промыслового запаса в модели. Таким образом, конечная величина пополнения от искусственного воспроизводства (R) вычисляется через следующие выражение:

$$R_{(t)} = \frac{R_{(OP3,t)} * 100\%}{11,0\%}, \quad (20)$$

где ($R_{(OP3, t)}$) – пополнение нерестового запаса от искусственного воспроизводства; $R_{(t)}$ – пополнение промыслового запаса от искусственного воспроизводства.

Во втором сценарии полагаем, что изъятие полностью отсутствует, а пополнение осуществляется только за счёт продукционной способности севрюги, оценённой по ретроспективной модели (15). В этом случае делается попытка ответить на вопрос, возможно ли восстановление запаса севрюги за заданный период лет при продукционных свойствах запаса, которые сложились в период 1932–2015 гг. В этом сценарии использовано уравнение (19) при условии, что $C_{t-1} = IC_{t-1} = R_{t-1} = 0$.

В третьем сценарии предполагается, что ННН-промысел отсутствует, вылов ведётся только для целей НИР и искусственного воспроизводства (C) в объёме 1,0 т и осуществляется пополнение от искусственного воспроизводства (R), уровень которого можно варьировать количеством выпускаемой молоди ОРЗ и величиной КПВ. Значения КПВ брались из Приказа ФАР от 25 ноября 2011 г. № 1166 «Об

утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам». Величины КПВ в Приказе ФАР от 25 ноября 2011 г. № 1166 для повышенной массы выпускаемой молоди севрюги вполне обоснованы. Исследования показали, что выживаемость молоди севрюги искусственного происхождения с ОРЗ р. Волги на первом году жизни с возрастанием массы увеличивается (Левин, 2006). За период исследований 1984–2001 гг. установлено, что при скате молоди севрюги из реки в эстуарную зону Каспийского моря доля выжившей молоди массой менее 2,6 г составляла 35,7 % , а массой от 2,6 до 16,2 г – 64,3 %. Выживаемость сеголеток севрюги при оптимизированном размещении (вывозе на живорыбных судах) в море составляет для молоди со средней массой 2,0 г – 24,0–28,0 %, 3,0 г – 28,0–34,0 % , и 5,0 г – 35,0–60,0 %. Тогда уравнение модели для сценария № 3 принимает следующий вид:

$$B_t = B_{t-1} + P(B_{t-a}) - C_{t-1} + R_{t-1} . \quad (21)$$

На рисунке 31 представлены результаты реализации первого и второго сценария развития запаса. Моделирование первого сценария показало, что если браконьерство сохранится на прежнем уровне, то в этом случае кривая запаса севрюги асимптотически приближается к нулю. В 2034 г. биомасса снижается до значения 0,95 тыс. т и далее стремится к нулю. Применяемый в модели стохастический подход расчётов запаса оценивает, что с вероятностью 50,0 % запас может исчезнуть к 2025 г. Это говорит о том, что современный выпуск молоди ОРЗ бассейна р. Волги при среднем объёме 0,161 млн экз. за 2012–2015 гг. недостаточен для восполнения убыли от ННН-промысла и других антропогенных факторов (рисунок 31а).

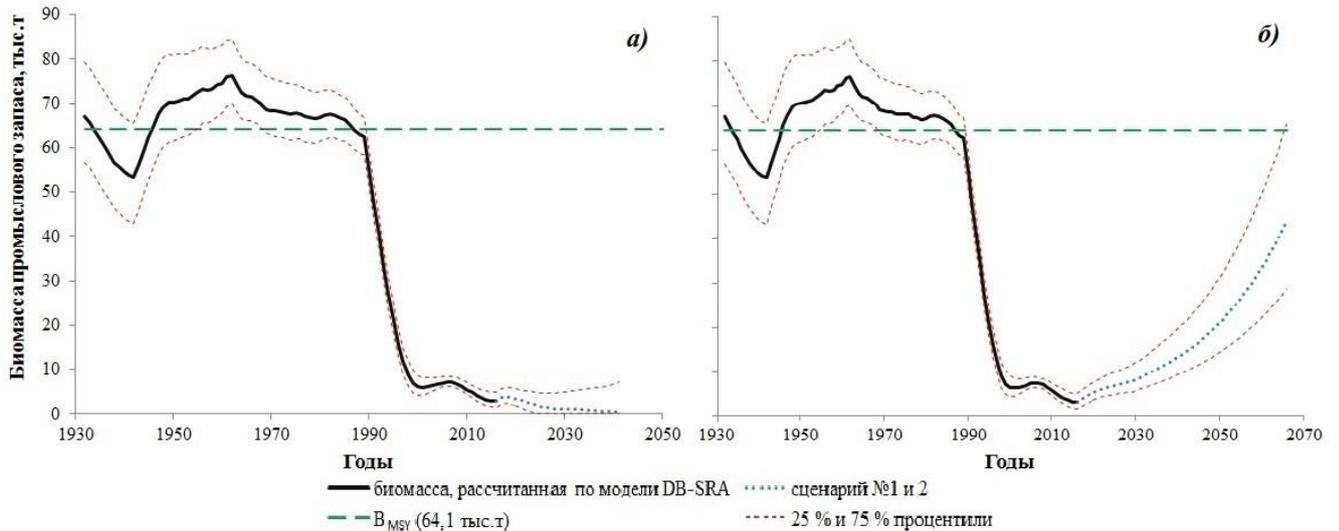


Рисунок 31. Сценарии восстановления запаса волжской популяции севрюги Каспийского моря:

а – сценарий № 1: ННН-промысел, изъятие для НИР и искусственного воспроизводства при ежегодном выпуске молоди от ОРЗ в объеме 0,161 млн экз.;

б – сценарий № 2: отсутствие всякого изъятия, в том числе для НИР и искусственного воспроизводства, выпуск молоди ОРЗ равен нулю

При отсутствии изъятия и если пополнение от искусственного воспроизводства останется в размерах продукционной способности запаса, оценённой в период 1932–2015 гг. (сценарий 2), промысловый запас севрюги за 50 лет восстановится с 2,87 до 43,65 тыс. т, т. е. в 15,2 раза, но не достигнет целевого значения B_{MSY} (рисунок 31б). Таким образом, согласно второму сценарию, биомасса промыслового запаса на уровне 2,87 тыс. т является критической, при которой продукционная способность вида настолько снижена, что он не сможет самостоятельно восстановиться до оптимальной величины за 50 лет.

Третий сценарий позволяет оценить вклад пополнения от искусственного воспроизводства и определить стратегию восстановления вида при полном отсутствии браконьерства. Были смоделированы несколько вариантов развития запаса при различных объемах выпуска молоди ОРЗ р. Волги и разных величинах КПВ, зависящих от массы выпускаемой молоди (Приказ ФАР № 1166 от 25

ноября 2011 г.). Необходимое время на восстановление запаса севрюги по результатам реализации модели представлено в таблице 26 и в Приложениях 1, 2.

Таблица 26. Необходимое время (лет) для восстановления промыслового запаса волжской популяции севрюги до целевого ориентира V_{MSY} (64,1 тыс. т) при различных объёмах выпуска сеголеток ОРЗ дельты р. Волги и величин КПВ (сценарий № 3, см. текст)

Объём выпуска ОРЗ, млн экз.	КПВ, % / масса выпускаемой молоди, г		
	0,9 / 1,5	1,1 / 3,0	1,4 / 5,0
	Время восстановления запаса, лет		
0,161	46	44	42
5,0	27	25	22
10,0	21	19	17
15,0	18	16	14
20,0	16	14	13
25,0	14	13	12

Модель показала, что время, затраченное на восстановление запаса севрюги до уровня V_{MSY} при современных объёмах выпускаемой молоди севрюги ОРЗ (0,161 тыс. экз.) и КПВ от 0,9 до 1,4 %, может достигать 42–46 лет. С увеличением объёмов ежегодного выпуска до 25,0 млн экз. время восстановления сокращается до 12–14 лет (таблица 26).

Ретроспективный анализ объёмов выпуска молоди севрюги ОРЗ р. Волги за период 1962–2009 гг., когда выпуск молоди превышал 1,0 млн экз. в год, показал, что в этот период 22,4 % составили годы с выпуском молоди севрюги 14,0–15,9 млн экз., и только в 6,1 % выпуск молоди достигал 24,0–25,9 млн экз. (рисунок 32).

Таким образом, если при отсутствии браконьерства выпускать ежегодно с ОРЗ дельты р. Волги молодь севрюги в объёме 15,0 млн экз., то запас может

восстановиться за 14–18 лет, в зависимости от средней массы выпускаемой молоди (таблица 26).

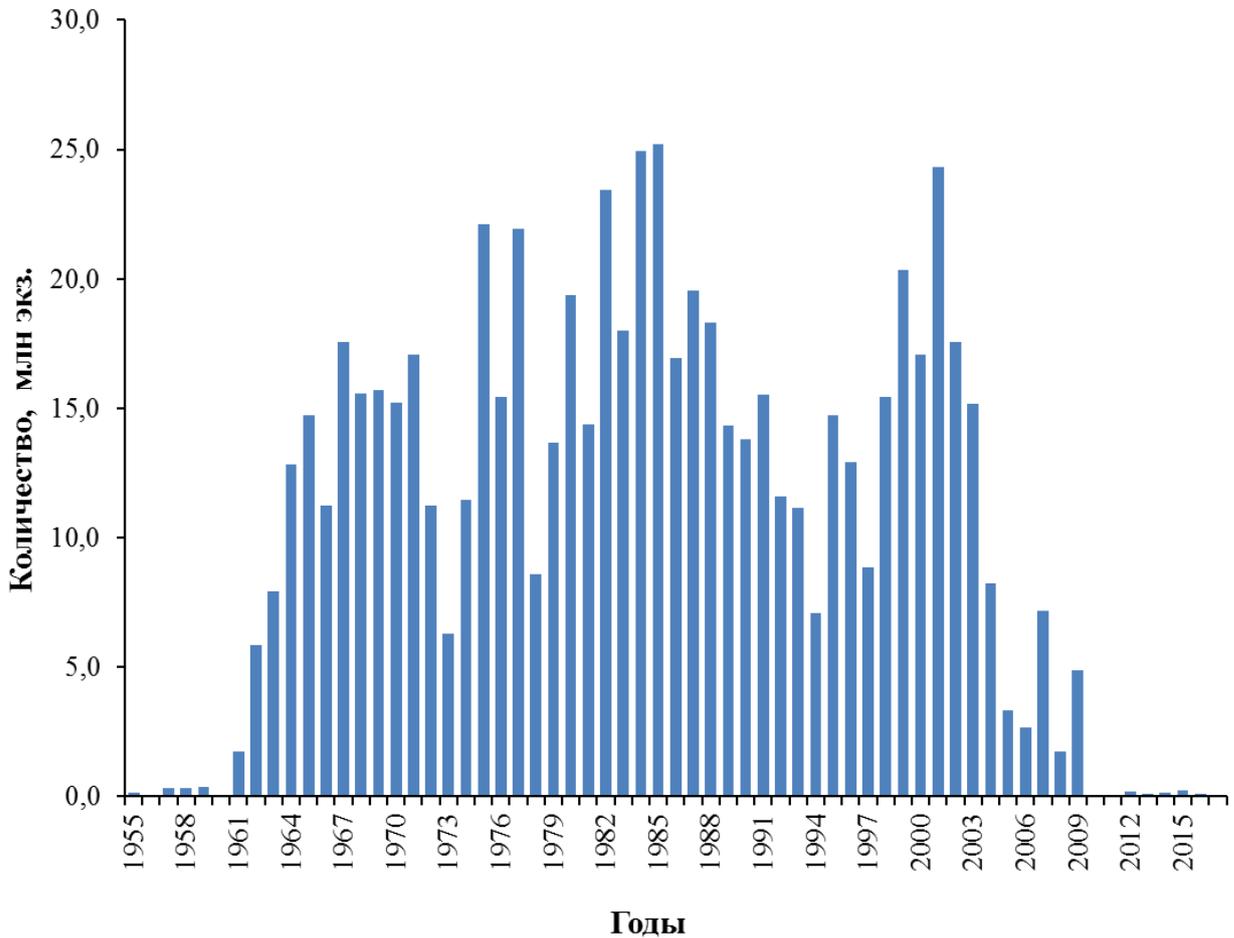


Рисунок 32. Выпуск молоди севрюги ОРЗ дельты р. Волги за период 1955–2017 гг. (Ходоревская, 2015; лаборатория аквакультуры ФГБНУ «КаспНИРХ»)

Модель DB-SRA, построенная для запаса севрюги всего Каспийского моря (Ye, Valbo-Jørgensen, 2012), показала следующие результаты. При отсутствии и изъятия, и пополнения от искусственного воспроизводства запас севрюги может самостоятельно восстановиться до $B_{MSY} = 86,52$ тыс. т к 2035 г., а включая 50 %-ю неопределённость – между 2029 и 2058 гг. Отсутствие какого-либо изъятия при ежегодном выпуске молоди ОРЗ в объеме 10 млн экз. в прогнозный период позволит восстановиться запасу до целевого ориентира уже к 2030 г., т. е. за 22

года. Если будет остановлен легальный промысел, но браконьерство продолжится на уровне 2008 г. при отсутствии пополнения от ОРЗ, вид исчезнет к 2042 г.

Различие в результатах второго сценария между двумя представленными расчётами по модели DB-SRA объясняется несколькими причинами. В указанной выше работе (Ye, Valbo-Jørgensen, 2012) использовались данные вылова 1933–2008 гг. по всему Каспийскому бассейну, а в качестве терминального года T выбран 2008-й, когда промысловый запас севрюги составлял 16 % от целевого ориентира B_{MSY} . В наших расчетах биомасса волжской популяции в терминальный 2016 г. составила только 4,4 % от B_{MSY} . Эти факты указывают на то, что в 2008 г. состояние запаса севрюги было не настолько критически подорванным, как в 2016 г., и могло бы позволить запасу восстановиться до оптимального уровня быстрее во втором сценарии. На продукционную способность запаса в модели также влияет входной параметр B_{MSY}/K . Указанные авторы (Ye, Valbo-Jørgensen, 2012) использовали в своей модели $B_{MSY}/K = 0,4$, тогда как для запаса севрюги волжской популяции мы выбрали величину 0,6.

В третьем сценарии, при ежегодном выпуске молоди севрюги ОРЗ в количестве 10 млн экз. и КПВ равном 0,9 %, время восстановления запаса двух вариантов моделей (модель – всей популяции севрюги Каспийского моря и модель – волжской популяции) схоже 22 и 21 год соответственно. Но необходимо иметь в виду, что Йе и Валбо-Джоргенсен допустили методическую ошибку в расчетах, используя оценку искусственного пополнения (R) через КПВ, так как выше было показано, что данная величина соответствует нерестовому запасу, который является частью промыслового. В этом случае для параметра оценки искусственного пополнения (R) промыслового запаса необходимо использовать уравнение (20).

Важно оценить чувствительность результатов моделирования с помощью модели DB-SRA к значениям входных параметров M и F_{MSY}/M . Как показано ранее (Wetzel, Punt, 2011), для разных видов / запасов анализ чувствительности приводит к разным результатам. Например, для камбаловых и морского окуня оценка общего допустимого улова завышается при завышении параметра M , а

изменения параметра F_{MSY}/M мало влияют на результат для камбаловых рыб, но приводят к большим ошибкам для морского окуня. Метод DB-SRA высокочувствителен к отношению (B_T/K) , что выражается в переоценке допустимого уровня вылова, если величина этого отношения слишком завышена. О высокой чувствительности модели к этому отношению параметров было указано выше.

Необходимо отметить, что при работе с моделью DB-SRA её авторы (Dick, MacCall, 2011) рассматривали случаи более высоких значений параметра B_T/K (он был назван depletion), и стандартная программа была разработана для $B_T/K = 0,4$. При низких значениях этого параметра, что соответствует сильному истощению запаса, снижается доля принятых в расчёт реализаций модели, т. е. и точность результатов расчётов, а практически это приводит к существенным сложностям при восстановлении запаса.

При моделировании динамики запаса севрюги волжской популяции в ретроспективе в функцию продукции $P(B)$ в неявном виде входит и искусственное пополнение от осетровых заводов, и при оценке параметров модели учитывается какая-то усреднённая величина пополнения. Но, записывая уравнение для прогноза, мы выделяем искусственное пополнение в отдельную составляющую R и даём ей разные значения в разных сценариях. При этом параметры производственной функции остаются теми же, что были использованы в ретроспективе, что некорректно. Тем не менее, поскольку функция продукции сильно зависит от биомассы запаса, а в последние годы биомасса была очень низкая, такая некорректность не должна сильно повлиять на результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа по изучению распределения севрюги в Каспийском море является единственной, где обобщены материалы за период 2000–2013 гг. по этой теме. В ней выявлено комплексное влияние биотических и абиотических факторов на формирование локальных скоплений севрюги в мелководной северной части моря, оценены объёмы ННН-промысла в Волго-Каспийском бассейне за 1989–2015 гг., дополнена методическая база оценки запасов осетровых при дефиците информации.

Результаты исследования показали, что в настоящее время основные скопления севрюги в Каспийском море формируются в северных и юго-восточных районах в течение всего года. Средняя часть моря теряет своё значение для нагула севрюги. На большей части западного склона плотность отдельных скоплений рыб невысока за исключением вод п-ва Аграханский и о-ва Чечень. На восточном склоне от мыса Песчаный до залива Казахский за весь период исследований не обнаружено ни одной особи этого вида, в то время как в 1960-е гг. в зимнее время в заливе Казахский уловы могли достигать 100 экз. за траление.

Проведённое исследование показало, что в 2000–2007 гг., так же как и в 1990-е гг., происходило перераспределение ежегодно формирующихся летних нагульных скоплений севрюги наибольшей плотности из северо-западной части Каспийского моря в его северо-восточную мелководную часть. Выявлено сокращение плотности скопления севрюги во всех частях Каспийского моря в течение 2000–2013 гг., являющееся следствием снижения численности вида из-за широкомасштабного браконьерства во всех районах нагула севрюги в 1990-е гг.

Обобщение результатов исследований закономерностей распределения и межгодовой динамики плотности скоплений севрюги в Каспийском море даёт основание считать, что распределение севрюги характеризуется стабильностью

основных мест нагула (северная и южная части моря) и снижающейся плотностью скоплений вследствие сокращения численности вида.

Исследования на акватории Каспийского моря, обследованной судами ФГБНУ «КаспНИРХ» в период 2005–2013 гг., показали, что при катастрофически низкой абсолютной численности севрюги её оценка с использованием величин плотности скоплений как индексов численности весьма не точна. Запасы севрюги являются трансграничными, и она совершает ежегодные миграции. Поэтому для точной оценки состояния её популяции в Каспийском море недостаточно проведения съёмок в одной отдельно взятой части моря. В связи с этим необходимо возобновление Межгосударственных всекаспийских осетровых съёмок всеми пятью прикаспийскими государствами, позволяющими достоверно оценить состояние запаса севрюги в Каспийском море.

Результаты работы показали, что, несмотря на недостаточность информации о запасе волжской популяции севрюги, возможна оценка и прогноз её запаса. Конечно, получаемые оценки величины запаса необходимо рассматривать как экспертные, поскольку они получены при ряде вынужденных допущений. Но в настоящий момент мы не можем получить более точных оценок характеристик запаса. Так, при оценке нерестового запаса через КПВ от естественного и искусственного пополнения мы использовали осреднённую возрастную структуру за 2007–2012 гг., предполагая её постоянство. Для количественного выражения неопределённости как характеристики коэффициентов КПВ и параметров модели DB-SRA (M , F_{MSY}/M , B_{MSY}/K и B_T/K) в работе использовалось стандартное отклонение и генерировались достаточного объёма выборки соответствующих значений. Получаемые конечные оценки запаса и ориентиров управления выражались не только средним (медианным) значением, но и доверительными интервалами, позволяющими судить о возможных колебаниях величин. Основываясь на доверительных интервалах, мы можем оценить точность оценок запаса. При восстановлении запаса до приемлемого уровня и возобновлении промысла границы неопределённости оценённых ориентиров управления могут

быть использованы как уточняющие величины при предосторожном подходе к определению правила регулирования промыслом.

Преимущество оценки запаса волжской популяции севрюги методом DB-SRA перед оценкой через КПВ состоит в том, что модель, построенная методом DB-SRA, позволяет комплексно оценить запас на длительный период времени, учитывая объёмы изъятия и пополнения, и разработать стратегию восстановления или поддержания запаса на заданном уровне. Оценка запаса через КПВ – упрощённый экспертный подход к оценке нерестового запаса севрюги, позволяющий рассчитать величину запаса только на заданный год от искусственного и естественного пополнений, т. е. этот метод применим при краткосрочном прогнозировании.

Состояние запаса севрюги и, в частности, её волжской популяции в Каспийском море катастрофическое. Построенная в ходе исследований модель DB-SRA показала, что если не остановить браконьерство, севрюга как вид может исчезнуть с вероятностью 50,0 % уже в ближайшем будущем (к 2025 г.). Продукционные свойства запаса в настоящее время находятся на крайне низком уровне. Если при условии полного прекращения браконьерства продукционная способность севрюги останется на уровне, оценённом в период 1932–2015 гг., то запас её может восстановиться в течение 50 лет с 2,87 до 43,65 тыс. т, не достигнув целевого значения B_{MSY} (64,1 тыс. т). При ежегодном выпуске молоди севрюги ОРЗ дельты р. Волги в объёме 15,0 млн экз. и полном прекращении браконьерства популяция восстановится за 14–18 лет, в зависимости от средней массы выпускаемой молоди, влияющей на величину КПВ.

ВЫВОДЫ

1. Ежегодно формирующиеся площади и плотности скоплений севрюги в северной, средней и южной частях Каспийского моря связаны с её сезонными миграциями. Увеличение плотности нагульных скоплений севрюги в северной мелководной части моря летом происходит за счёт мигрирующих рыб из средней и южной частей, где в это время наблюдается сокращение плотности. Осенью при миграции севрюги на места зимовки в среднюю и южную части моря площадь и плотность скоплений рыб в северной мелководной части сокращаются в сравнении с летними показателями. Наблюдается многолетняя тенденция уменьшения средней плотности скоплений севрюги во всех частях моря, несмотря на то, что в отдельные годы по некоторым районам отмечено кратковременное повышение этого показателя.

2. Распределение севрюги в Каспийском море формируется под комплексным воздействием биотических и абиотических факторов. Севрюга встречается в широком диапазоне придонной температуры воды. Летом она предпочитает прогретые участки моря, в частности, в мелководной северной части её максимальные плотности скоплений наблюдаются в наиболее прогретых районах, но не выше 29,8 °С. Летнее распределение севрюги в мелководной северной части Каспийского моря связано также с обилием основных кормовых организмов – полихет (*H. diversicolor*) и ракообразных (*Crustacea*), плотность её скоплений положительно коррелирует с биомассой этих видов. Однако севрюга избегает районы северной части моря, где биомасса моллюска *A. ovata* превышает 6,4 г/м². Присутствие этого моллюска на отдельных участках моря частично ограничивает потребление севрюгой ракообразных (*Crustacea*). Наличие полихет (*H. diversicolor*) и высокой температуры привлекает особей севрюги на локальные участки моря, но при отсутствии полихет севрюга эти участки моря не осваивает.

3. Проведённые расчёты объёмов ННН-промысла показали, что в период 1989–2015 гг. вылов севрюги браконьерами в Волго-Каспийском районе составлял 0,689–8,23 тыс. т, достигнув максимума в 1993 г. и далее снижаясь до минимального оцененного значения в 2015 гг.

4. Разработанная методическая основа оценки нерестового запаса волжской популяции севрюги с использованием коэффициента промыслового возврата от естественного и искусственного воспроизводства со стохастическим подходом позволила получить экспертные оценки нерестового запаса, которые составили на 2017 г. 0,038 млн экз. при биомассе 0,177 тыс. т.

5. С помощью конечно-разностной продукционной модели DB-SRA промыслового запаса севрюги волжской популяции установлено, что при реализации трёх разных условий эксплуатации запаса его динамика в прогнозные годы будет иметь разную картину:

а) при сохранении ННН-промысла на уровне последних лет и ежегодного выпуска молоди севрюги ОРЗ Астраханской области (искусственное пополнение) в количестве 0,161 млн экз. вид может исчезнуть к 2025 г.;

б) при отсутствии ННН-промысла и искусственного пополнения восстановление будет происходить за счёт собственной продукционной способности запаса, оценённой в ретроспективной части модели, но за 50 лет не достигнет целевого ориентира B_{MSY} (64,1 тыс. т);

в) при отсутствии ННН-промысла восстановление запаса будет осуществляться с разной скоростью при различных ежегодных объёмах выпуска ОРЗ и разной средней массе выпускаемой молоди, влияющей на величину КПВ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установленные закономерности распределения основных скоплений севрюги в море и влияние биотических и абиотических факторов на формирование её распределений могут быть применены в экосистемном подходе к изучению Каспийского моря. Данный подход позволяет более полно выявлять причинно-следственные связи в изменении запасов гидробионтов и использовать выявленные закономерности в построении сложных моделей экосистемы и в прогностических целях.

2. Разработанную методическую основу оценки нерестового запаса севрюги волжской популяции через КПВ со стохастическим подходом можно использовать в экспертных прогнозах запаса на краткосрочный период и как дополнительный параметр искусственного пополнения запаса в других моделях.

3. Оценённые моделью DB-SRA целевые ориентиры (B_{MSY} и F_{MSY}) могут быть применены в правилах регулирования промысла (ППП) при реализации предосторожного подхода к оценке общего допустимого улова (ОДУ) в Волго-Каспийском районе.

4. Построенная конечно-разностная модель DB-SRA позволяет прогнозировать темп восстановления запаса севрюги волжской популяции при различных объёмах её искусственного пополнения и разработать комплекс мероприятий, обеспечивающий необходимый объём выпуска молоди севрюги, для восстановления запаса.

5. Результаты работы могут служить практическими материалами в ходе учебного процесса по дисциплинам «ихтиология» и «промысловая ихтиология».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксютина, З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. / З.М. Аксютина – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 228 с.
2. Алигаджиев, М.М. Жизненные формы полихет Каспийского моря / М.М. Алигаджиев // Биологические ресурсы Каспийского моря. – Махачкала: ДагФАН СССР. – 1989. – С. 14–17.
3. Бабаян, В.К. Краткий словарь терминов долгосрочного прогнозирования (промысловые биопрогнозы) / В.К. Бабаян – М.: Изд-во ВНИРО, 1990. – 48 с.
4. Бабаян, В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): анализ и рекомендации по применению / В.К. Бабаян. – М.: Изд-во ВНИРО, 2000. – 192 с.
5. Бабаян, В.К. Методические рекомендации по обоснованию общих допустимых уловов (ОДУ) каспийских осетровых / В.К. Бабаян, Т.И. Булгакова, Д.А. Васильев, Б.Н. Котенев, А.Д. Власенко, Г.Ф. Зыкова, М.И. Карпюк, А. А. Романов, Р.П. Ходоревская // Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 4. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006 а. – 59 с.
6. Бабаян, В.К. Методический подход к оценке запасов и ОДУ каспийских осетровых / В.К. Бабаян, Т.И. Булгакова, Д.А. Васильев, Б.Н. Котенев, А.Д. Власенко, Г.Ф. Зыкова, М.И. Карпюк, А. А. Романов, Р.П. Ходоревская // Мат-лы междунар. конф. «Современное состояние и пути совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне» (16–18 мая 2006 г., г. Астрахань). – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ., 2006 б. – С. 89–96.
7. Бабаян, В.К. Реализация модельного подхода к обоснованию допустимого промыслового изъятия русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* в

русской зоне Каспийского моря / В.К. Бабаян, Т.И. Булгакова, Д.А. Васильев, Б.Н. Котенев, А.Д. Власенко, Г.Ф. Зыкова, М.И. Карпюк, А. А. Романов, Р.П. Ходоревская // Мат-лы междунар. конф. «Современное состояние и пути совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне» (16–18 мая 2006 г., г. Астрахань). – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ., 2006 в. – С. 97–104

8. Бабаян, В.К. Модельный подход к оценке неучтенного вылова каспийских осетровых/В.К. Бабаян, Т.И. Булгакова, Д.А. Васильев // Международная научно-практическая конференция «Комплексный подход к проблеме сохранения и восстановления биоресурсов Каспийского бассейна» (13-16 октября 2008 г.) материалы докладов. – Астрахань 2008. – С. 36–41.

9. Балинова, В.С. Статистика в вопросах и ответах: Учебное пособие / В.С. Балинова – М.: издательство Проспект, 2004. – 344 с.

10. Баранникова, И.А. О миграционном импульсе у осетровых / И.А. Баранникова // Вопросы ихтиологии. – 1964. – Т. 4 – Вып. 4(33). – С. 716–722.

11. Баранникова, И.А. Функциональные основы миграции рыб. / И.А. Баранникова – Л.: Наука, 1975. – 210 с.

12. Беляева, В.Н. Выживаемость осетровых на ранних стадиях развития в условиях различной солености / В.Н. Беляева, И.И. Болдырев // Разработка биологических основ и биотехники развития осетрового хозяйства в водоёмах СССР. – Астрахань. – 1967. – С. 114–116.

13. Берг, Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран / Л.С. Берг. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – Ч. 1. – 466 с.

14. Берг, Л.С. Яровые и озимые расы у проходных рыб / Л.С. Берг // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – М.: Изд-во АН СССР. – 1953. – С. 242–260.

15. Бобырев, А.Е. Биотическое сообщество Северного Каспия: проблемы управления биологическими ресурсами / А.Е. Бобырев, В.А. Бурменский, Е.А. Криксунов, М.И. Шатуновский // Успехи современной биологии. – 2009. – Т. 129. – №6. – С. 598–609.

16. Бокова, Е.Б. Воспроизводство осетровых рыб в Урало-Каспийском бассейне / Е.Б. Бокова // Научные основы сельскохозяйственного рыбоводства: состояние и перспективы развития: Сборник научных трудов ВНИИ ирригационного рыбоводства. – 2010. – С. 149–154.

17. Болдырев, И. И. Некоторые аспекты солеустойчивости волжских осетровых на ранних этапах онтогенеза / И.И. Болдырев // Тезисы отчетной сессии ЦНИОРХ. – Астрахань: Изд-во «Волга», 1973. – С. 13–14.

18. Болдырев, И.И. Динамика изменения солеустойчивости молоди осетровых на ранних этапах онтогенеза. / И.И. Болдырев // Тезисы отчетной сессии ЦНИОРХ. – Астрахань: Изд-во «Волга», 1974. – С. 22–23.

19. Борзенко, М.П. Севрюга (*Acipenser stellatus* Pal.) / М.П. Борзенко // Бюллетень Всекаспийской научной рыбохозяйственной экспедиции. – 1932. – Вып. 5–6. – С. 77–84.

20. Борзенко, М.П. Каспийская севрюга (систематика, биология и промысел) / М.П. Борзенко // Известия Азербайджанской научно-исследовательской рыбохозяйственной станции. – 1942. – Вып. 7. – С. 3–114.

21. Борзенко, М.П. Современное состояние запасов и промысла осетровых в Азербайджане и пути его рационализации / М.П. Борзенко. – М.: Изд-во журнала «Рыбное хозяйство», 1961. – 37 с.

22. Борзенко, М.П. Современное состояние и прогноз изменений запасов севрюги в Каспийском море при зарегулированном стоке / М.П. Борзенко // Труды ВНИРО. – М.: ВНИРО, 1964. – Т. 52. – С. 259–286.

23. Булгакова, Т.И. К вопросу стратификации зоны ответственности Российской Федерации в Каспийском море при проведении траловых съёмов / Т.И. Булгакова, В.К. Бабаян, Д.А. Васильев, А.И. Михайлов, И.А. Сафаралиев // Вопросы рыболовства. – 2013. – Т. 14. – № 2 (54). – С. 364–376.

24. Булгакова, Т.И. Оптимизация размещения запланированного числа тралений по стратам и расчёт численности русского осетра в зоне ответственности РФ в Каспийском море / Т.И. Булгакова, В.К. Бабаян, Д.А.

Васильев, А.И. Михайлов, И.А. Сафаралиев // Вопросы рыболовства. – 2014 а. – Т. 15. – № 1. – С. 156–161.

25. Булгакова, Т.И. Проблемы совершенствования траловых съёмки осетровых Каспийского моря / Т.И. Булгакова, В.К. Бабаян, Д.А. Васильев, А.И. Михайлов, И.А. Сафаралиев // Труды ВНИРО. – М.: ВНИРО, 2014 б. – Т. 151. – С. 36–51.

26. Булгакова, Т.И. Анализ методов, применяемых для оценки и прогнозирования запасов каспийских осетровых рыб / Т.И. Булгакова, И.Н. Лепилина, И.А. Сафаралиев, Г.Ф. Довгопол // Труды ВНИРО. – М.: ВНИРО, 2016. – Т.161. – С. 102–114.

27. Буханевич, И.Б. Опыт применения корреляционного анализа для оценки коэффициентов промыслового возврата волжских осетровых / И.Б. Буханевич, Г.Ф. Довгопол, А.А. Эрман // Сб. науч. трудов ВНИРО «Биологическая продуктивность Каспийского и Азовского морей». – М., 1984. – С. 20–36.

28. Буханевич, И.Б. Определение коэффициентов промыслового возврата севрюги выращенной на рыбодных заводах / И.Б. Буханевич, А.А. Эрман, Г.Ф. Довгопол // Рыбное хозяйство. – 1986а. – №1. – С. 49–51.

29. Буханевич, И.Б. Уточнение коэффициентов промыслового возврата волжских осетровых на основе статистических моделей / И.Б. Буханевич, Г.Ф. Довгопол, А.В. Павлов, В.М. Распопов, А.А. Эрман // Сб. науч. трудов ВНИРО «Охрана и воспроизводство рыбных запасов Бассейна Каспийского моря». – 1986 б. – С. 96–102.

30. Васильев, Д.А. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения / Д.А. Васильев // М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – 110 с.

31. Васнецов, В.В. Происхождение нерестовых миграций проходных рыб / В.В. Васнецов // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – М.–Л., Изд. АН СССР. – 1953. С. 227–241.

32. Вещев, П.В. Масштабы естественного воспроизводства севрюги в нижнем бьефе волгоградского гидроузла / П.В. Вещев // Формирование запасов осетровых в условиях комплексного использования водных ресурсов (краткие тезисы научных докладов к предстоящему всесоюзному совещанию в октябре 1986 г.). – Астрахань, 1986. – С.51–53.

33. Вещев, П.В. О масштабах естественного воспроизводства волжской севрюги / П.В. Вещев // Осетровое хозяйство водоемов СССР. (крат. тезисы докл. к предстоящему Всесоюзному совещанию (ноябрь, 1989 г.)). – Ч. I. – Астрахань 1989. С. – 45–47.

34. Вещев, П.В. Анализ коэффициентов промыслового возврата севрюги / П.В. Вещев, А.Д. Власенко, Г.Ф. Довгопол // Вопросы ихтиологии. – 1992. – Т. 32. – Вып. 5. – С. 78–83.

35. Вещев, П.В. Современное состояние нерестовой части популяции и естественного воспроизводства севрюги *Acipenser stellatus* в Волге / П.В. Вещев, Г.Ф. Догопол, Т.В. Озерянская // Вопросы рыболовства.– 2007. – Т.8. – №4(32). – С. 623–640.

36. Власенко, А.Д. Биологические основы естественного воспроизводства осетровых в зарегулированных Волге и Кубани. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Анатолий Данилович Власенко – М. ВНИРО, 1982 – 25 с.

37. Власенко, А.Д. Особенности формирования численности осетровых рыб Каспийского бассейна в современных условиях / А.Д. Власенко // Осетровое хозяйство водоемов СССР. (крат. тезисы докл. к предстоящему Всесоюзному совещанию (ноябрь, 1989 г.)). – Ч. I. – Астрахань, 1989. – С. 52–55.

38. Власенко, А.Д. Оценка влияния естественных и антропогенных факторов на формирование численности осетровых в Каспийском море / А.Д. Власенко // Состояние запасов промысловых объектов на Каспии и их использование. – Астрахань, 2001. С. 26–40.

39. Власенко, А.Д. Экспертная оценка незаконного изъятия осетровых видов рыб в водоемах Волго-Каспийского района / А.Д. Власенко, Г.Ф. Зыкова // Материалы международной конференции «Мелиорация малых водоемов,

нерестилищ дельты р. Волги и поймы» (Структура экологического проекта «Чистые берега – чистая река»). – Астрахань: Издательство ООО «ЦНТЭП», 2007. – С. 136–137.

40. Власенко, С.А. Оценка эффективности естественного воспроизводства осетровых на Нижней Волге / С.А. Власенко, Г.И. Гутенева, С.С. Фомин // Вопросы рыболовства. – 2012. – Том 13. – №4(52). – С. 736–753.

41. Вовк, Ф.И. Структура и динамика популяций волжских проходных осетровых / Ф.И. Вовк, Л.М. Пашкин // Тр. Волгоград. отд. ГосНИОРХ. – 1971. – Т. 3. – С. 3–27.

42. Гасымзаде, А. Н. К вопросу о разделе Каспийского моря (историко-правовой аспект) / А. Н. Гасымзаде // Евразийский юридический журнал. – 2015. – № 3. – С. 45 – 49.

43. Гербильский, Н.Л. Пути развития внутривидовой биологической дифференциации, типы анадромных мигрантов и вопрос о миграционном импульсе у осетровых / Н.Л. Гербильский // Уч. зап. Ленинградск. гос. ун-та Сер.биол. наук. – 1957. – Вып.44. – Ч. 1. – №228. – С. 11–32.

44. Гордиенко, Ю.К. Физико-географический очерк. Гидрологическая структура и водные массы / Ю.К. Гордиенко, А.Н. Косарев // Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. – М.: Наука. – 1986. – С.38–49.

45. Городничий, А.Е. Некоторые черты биологии молоди осетровых рыб реки Дона в условиях зарегулированного стока / А.Е. Городничий // Зоологический журнал. – 1955. – Т. 34. – Вып. 6 – С. 1326–1333.

46. Гюль, К.К. Физические процессы в Каспийском море в связи с колебаниями его уровня / К.К. Гюль, М.И. Абакаров, Т.И. Фурман, Р.Л. Рейфман. – Баку: ЭЛМ, 1971. – 224 с.

47. Державин, А.Н. Севрюга (*Acipenser stellatus* Pallas): биологический очерк. / А.Н. Державин // Баку. Известия Бакин. ихтиол.лаб., 1922. – Т. 1. –Вып.1. – 393 с.

48. Державин, А.Н. Воспроизводство запасов осетровых рыб / А.Н. Державин. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1947. – 248 с.

49. Довгопол, Г.Ф. Экология, воспроизводство и запасы рыб и нерыбных объектов промысла. Севрюга / Г.Ф. Довгопол // Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы. – М.: Наука. – 1989. – С.66–69.

50. Довгопол, Г.Ф. Состояние запасов и распределение осетровых в Каспийском море / Г.Ф. Довгопол, И.А. Сафаралиев, И.В. Коноплева, Л.А. Иванова // Материалы XVII Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России» (г. Нальчик, 5-6 ноября 2015). – Махачкала: Типография ИПЭ РД. – 2015. – С.460–463.

51. Дюбин, В.П. Изменение функционального состояния интерренальной и щитовидной желез молодого осетра при различных способах перевода ее из пресной воды в морскую / В.П. Дюбин, С.Г. Киселева // Тезисы отчетной сессии ЦНИОРХ по результатам работ в 9-й пятилетке. – Гурьев. – 1976. – С.111–112.

52. Елеонский, А.Н. Рыбоводство в естественных и искусственных водоемах / А.Н. Елеонский // М.-Л.: Всес. коопер. объедин., 1936. – 460с.

53. Журавлева, О.Л. Результаты исследований состояния популяций каспийских осетровых в 2007 году / О.Л. Журавлева, А.Д. Власенко, Р.П. Ходоревская, Г.Ф. Зыкова, А.В. Левин, И.Н. Лепилина, И.В. Коноплева, И.А. Сафаралиев // Мат-лы XIV конф. по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию. – Калининград: Изд. АтлантНИРО, 2008 С. 72–74.

54. Зонн, И.С. Каспийский меморандум. / И.С. Зонн. – Москва: ТОО «Коркис», 1997. – 290 с.

55. Зонн, И.С. Каспий: иллюзии и реальность / И.С. Зонн. – М.: ТОО «Коркис», 1999. – 467 с.

56. Зыкова, Г.Ф. Влияние температурного фактора на распределение севрюги в Каспийском море / Г.Ф. Зыкова // Тез. докладов IX Всес. конф. по проблемам промыслового прогнозирования: 19-21 октября 2004 г. – Мурманск. – 2004 а. – С. 80–85.

57. Зыкова, Г.Ф. Разработка методов и подходов к оценке незаконного изъятия осетровых рыб / Г.Ф. Зыкова // Материалы II-го международного

семинара «Методы оценки запасов осетровых и определения их ОДУ» (13-15 ноября, 2003 г., Астрахань). – Астрахань. – 2004 б. – С.111–116.

58. Зыкова, Г.Ф. Оценка неучтенного и браконьерского вылова русского осетра в р. Волге и Каспийском бассейне / Г.Ф. Зыкова, О.Л. Журавлева, Е.В. Красиков // Тез. докл. Международной конференции «Осетровые на рубеже XXI века». – Астрахань. – 2000. – С.54–56.

59. Зыкова, Г.Ф. Распределение русского осетра и севрюги в Каспийском море в современный период / Г.Ф. Зыкова, О.Л. Журавлева, А.В. Левин, Коноплева И.В. // Международная научно-практическая конференция «Комплексный подход к проблеме сохранения и восстановления биоресурсов Каспийского бассейна» (13-16 октября 2008 г.) материалы докладов. – Астрахань, 2008. – С. 91–95.

60. Зыкова, Г.Ф. Распределение и численность севрюги в Каспийском море в современный период / Г.Ф. Зыкова, И.В. Коноплева // Рыбное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 48–50.

61. Иванов, В.П. Биологические ресурсы Каспийского моря / В.П. Иванов. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2000. – 100 с.

62. Иванов, В.П. Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел) / В.П. Иванов, Г.В. Комарова. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. – 224 с.

63. Иванов, В.П. Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел) / В.П. Иванов, Г.В. Комарова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. – 256с.

64. Ивантер, Э. В. Введение в количественную биологию: учеб. пособие / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. — Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2011. — 302 с.

65. Инструкция по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания. // Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2011. – 351 с.

66. Касимов, Р.Ю. Влияние воды равной солености на выживание и рост куриных осетровых на ранних стадиях развития / Р.Ю. Касимов, В.Н. Абрамов,

И.Б. Кязимов // Труды Азербайджанского отделения ЦНИОРХ. – Т.2. – Вып.2. – М.: Пищепромиздат, 1966. – С. 91–125.

67. Касимов Р.Ю. Сравнительная характеристика поведения дикой и заводской молоди осетровых в раннем онтогенезе. / Р.Ю. Касимов – Баку: Изд-во «Элм», 1980. – 136 с.

68. Касымов, А.Г. Экология Каспийского озера / А.Г. Касымов. – Баку: изд-во АзерВНИРО. – 1994. – 238 с.

69. Катунин, Д.Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги / Д.Н. Катунин. – Астрахань: КаспНИРХ, 2014. – 478 с.

70. Кашенцева, Л.Н. К вопросу о доступности нерейса севрюге / Л.Н. Кашенцева // Формирование запасов осетровых в условиях комплексного использования водных ресурсов (краткие тезисы научных докладов к предстоящему всесоюзному совещанию в октябре 1986 г.). – Астрахань, 1986. – С.138–139.

71. Кашенцева, Л.Н. Характеристика питания осетровых рыб в Северном Каспии в 2002 г. / Л.Н. Кашенцева, А.А. Полянинова, А.И. Молодцова // Сборник докладов к Международной конференции «Рыбохозяйственная наука на Каспии: задачи и перспективы» (18 июля, 2003 г.). – Астрахань, 2003. – С.87–89.

72. Клиге, Р.К. Нарушение экологических условий подъемом Уровня Каспия. / Р.К. Клиге // Проблемы экологической безопасности Каспийского региона. – 1997. – Москва-Махачкала. – С. 42-44.

73. Книпович, Н.М. Гидрологические исследования в Каспийском море / Н.М. Книпович // Труды Каспийской экспедиции 1914–1915 гг. – Петербург: Первая государственная типография. – 1921. – Т.1. – 943 с.

74. Кожин, Н.И. Коэффициент промыслового возврата / Н.И. Кожин // Тр. ВНИРО. – 1951. – Т. 19. – С. 127–132.

75. Козловский, Д.А. О миграционном инстинкте у рыб / Д.А. Козловский // Зоологический журнал. – 1956. – Т. 35. – Вып. 2. – С. 266–274.

76. Коробочкина, З.С. Основные этапы развития промысла осетровых в Каспийском бассейне / З.С. Коробочкина // Осетровые южных морей Советского Союза. Труды ВНИРО. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – Т.52. – Сб.1. С. 59–86.
77. Коробочкина, З.С. Распределение осетра и севрюги в Северном Каспии в зависимости от водности года / З.С. Коробочкина // Труды ВНИРО. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – Т. 74. – С. 125–133.
78. Коросов, А.В. Экологические приложения компонентного анализа: Учебное пособие / А.В. Коросов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1996. – 152 с.
79. Косарев, А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. / А.Н. Косарев. – М.: Изд-во МГУ. – 1975. – 271 с.
80. Кравченко, Е.В. Сезонная изменчивость питания осетра в Каспийском море / Е.В. Кравченко, А.И. Молодцова // Конференция молодых ученых и специалистов (февраль, 1996 г.): тезисы докладов. – Астрахань, 1998. – С. 56-57.
81. Красиков, Е.В. Распределение и динамика численности осетровых рыб в Каспийском море по результатам исследований в 1991-1995 гг./ Е.В. Красиков, А.А. Федин // Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России. Материалы совещания. Ростов на Дону август 1996 г. – Изд-во ВНИРО. – 1996. – С. 138–142.
82. Краюшкина, Л.С. Развитие эвригалинности на ранних этапах онтогенеза у осетра различных видов и экологических форм / Л.С. Краюшкина // Осетровые СССР и их воспроизводство: Труды ЦНИОРХ. – Т.1. – М.: Пищепромиздат, 1967. – С.181–195.
83. Кулакова, Л.С. Физико-географический очерк. Основные черты рельефа берегов и дна / Л.С. Кулакова // Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. – М.: Наука. – 1986. – С.13–19.
84. Кулиев, З.М. Состояние промысловых рыб (осетровых) у азербайджанского побережья Каспийского моря / З.М. Кулиев, Т.С. Зарбалиева // Результаты НИР за 2004 год. – Астрахань – 2005. – С. 275–287.

85. Латыпов, Ю.Я. Уровень Каспийского моря изменяется / Ю.Я. Латыпов // Вестник Российской Академии наук. – 1997. – Т.67. – №12. – С.1082–1087.
86. Левин, А.В. Результаты траловой съемки в Каспийском море в 2003 г. / А.В. Левин, А.К. Камелов // Материалы II-го международного семинара «Методы оценки запасов осетровых и определения их ОДУ» (13-15 ноября, 2003 г., Астрахань). – Астрахань. – 2004. С. 5–15.
87. Левин, А.В. Экология и поведение молоди осетровых рыб в Волго-Каспийском регионе / А.В. Левин – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2006. – 228 с.
88. Легеза, М.И. Влияние температурного фактора на распределение каспийских осетровых / М.И. Легеза // Сб. «Разработка биологических основ и биотехники развития осетрового хозяйства в водоемах СССР (по материалам 1967 г.)» – Астрахань, 1968 г. – С. 27–30.
89. Легеза, М.И. Закономерности распределения и формирования численности осетровых рыб в Каспийском море: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.10 / Мария Иосифовна Легеза. – Баку: Калининград.тех. ин-т рыбн. промышл. и х-ва, 1969. – 34 с.
90. Легеза, М.И. Роль абиотических факторов среды при распределении осетровых (сем. Acipenseridae, pisces) в Каспийском море / М.И. Легеза // Вопросы ихтиологии. – Том 12, вып 1(72). – 1972 г. – С.13–24.
91. Легеза, М.И. Современное распределение осетровых рыб в Каспийском море / М.И. Легеза // Вопр. ихтиологии. – 1973 – Т.13 – Вып.6 (83). – С. 1008–1016.
92. Легеза, М.И. Итоги исследований динамики численности и научного обоснования рационального использования запасов каспийских осетровых / М.И. Легеза // Тезисы отчетной сессии ЦНИОРХ. – Астрахань. – 1974. – С. 78–79.
93. Легеза, М.И. Запасы каспийских осетровых их использование в условиях / М.И. Легеза // Биологическая продуктивность Каспийского моря: Сб. науч. тр. ВНИРО. – 1975. – Т. CVIII. – С. 121–136.

94. Легеза, М.И. Состояние запасов каспийских осетровых, их воспроизводство и использование в современных условиях / М.И. Легеза, Р.А. Маилян // Биологические ресурсы Каспийского моря. – Астрахань. – 1972. – С. 101–103.

95. Легеза, М.И. Экология, воспроизводство и запасы рыб и нерыбных объектов промысла. Распределение, качественная структура популяций и численность осетровых в море / М.И. Легеза, М.И. Пироговский, Р.П. Ходоревская // Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы. – М.: Наука. – 1989. – С.72–76.

96. Лепилина, И.Н. «Распределение и структура осетровых рыб в Каспийском море и состояние их мезонефроса» / И.Н. Лепилина, И.А. Сафаралиев, И.В. Коноплева // Вест. оренбургского гос-го унив-та, 2011 г., №5 (124). – С. 96–101.

97. Лепилина, И.Н. Влияние неконтролируемого, нерегулируемого, несообщаемого (ННН) промысла на численность осетровых рыб в Каспийском море / И.Н. Лепилина, И.А. Сафаралиев, В.А. Чаплыгин // Мат-лы VI Междунар. научно-практической конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (13 октября 2017 г., Астрахань). – Астрахань: КаспНИРХ, 2017. – С. 127–133.

98. Лукьяненко, В.И. Иммунохимический анализ внутривидовой дифференциации осетровых Каспия / В. И. Лукьяненко, С. И. Седов // Изв. АН СССР, Сер.биол. – 1967. – № 1. – С. 133—135.

99. Лукьяненко, В.И. Особенности антигенного состава сывороточных белков трех аллопатрических популяций русского осетра / В.И. Лукьяненко, Ж.Г. Умеров // Журнал общей биологии. – 1971. – Т. 22. – № 4. – С. 467—479.

100. Лукьяненко, В.И. Иммунобиология рыб. / В.И. Лукьяненко – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 363 с.

101. Лукьяненко, В.И. Анализ захода волжской севрюги *Acipenser stellatus* в реку Урал иммунохимическим методом / В.И. Лукьяненко, Ю.Н. Переварюха

//Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 1985. – Т. 21. – №3. – С.308–311.

102. Магеррамов, Ч.М. Разработка мероприятий по сохранению и восстановлению запасов осетровых рыб / Ч.М. Магеррамов // Международная конференция «Осетровые на рубеже 21 века»: Тезисы докладов. – Астрахань: Издательство КаспНИРХа, 2000. – С. 21–22.

103. Малиновская, Л.В. Многолетняя динамика биомассы вселенцев *Hediste diversicolor* Müller и *Abra ovata* (Philippi) в Северном Каспии / Л.В. Малиновская, Т.Д. Зинченко // Российский журнал биологических инвазий. – 2010. – № 4. – С. 32–44.

104. Мантейфель, Б.П. Адаптивное значение периодических миграций водных организмов / Б.П. Мантейфель // Вопросы ихтиологии. – 1959. – Т. 13. С. 3–15.

105. Мастицкий, С.Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R [Электронный ресурс] / С.Э. Мастицкий, В.К. Шитиков // Электронная книга. – 2014. – Режим доступа: <http://r-analytics.blogspot.com>).

106. Мейен, В.А. Пути воспроизводства проходных рыб в Волги / В.А. Мейен // Тр. ВНИРО. – 1941. – Т. 16. – С. 3–12.

107. Металлов, Г.Ф. Физиолого-биохимические механизмы эколого-адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Геннадий Федорович Металлов. – Астрахань, 2002. – 46 с.

108. Методики оценки запасов, определения ОДУ и возможного вылова водных биоресурсов Каспийского бассейна с целью управления рыболовством // Астрахань: КаспНИРХ, 2011. – 119 с.

109. Мировой баланс и водные ресурсы Земли. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1974. – 638 с.

110. Молодцова, А.И. Особенности питания русского и персидского осетра в Каспийском море в 2005 г. / А.И. Молодцова // Материалы международной конференции: «Современное состояние и пути

совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне (16-18 мая 2006 г.)». – Астрахань, 2006. – С. 158-162.

111. Молодцова, А.И. Трофологические исследования осетровых рыб в Северном Каспии / А.И. Молодцова, А.А. Полянинова // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке (16-18 октября 2007 г.)», Астрахань, 2007. – С. 176–180.

112. Молодцова, А.И., Полянинова А.А. Питание осетра, севрюги и белуги в Каспийском море / А.И. Молодцова, А.А. Полянинова // Вопросы рыболовства – 2009. –Т. 10. – № 4(40). – С. 718–740.

113. Николаева, Р.В. Физико-географический очерк. Морфометрические характеристики / Р.В. Николаева // Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. – М.: Наука. – 1986. – С.6-13.

114. Никольский, Г.В. Экология рыб / Г.В. Никольский. М.: «Высшая школа», 1963. – 368 с.

115. Осика, Д.Г. О сути уровня режима Каспийского моря и его прогноз на обозримое будущее. / Д.Г. Осика // Сборник рефератов международной конференции «Каспийский регион: экономика, экология, минеральные ресурсы». – 1995. – Москва, 20-23 июля – С.17–18.

116. Павлов, А.В. Результаты меченья осетровых в Волго-Каспийском районе / А.В. Павлов, Г.А. Елизаров // Рыбное хозяйство. – 1968. – №2. – С. 29-31.

117. Павлов, А.В. Распределение качественный состав и численность осетровых в Северном Каспии в 1967 году. / А.В. Павлов, С.С. Захаров // Сб. «Разработка биологических основ и биотехники развития осетрового хозяйства в водоемах СССР (по материалам 1967 г.)» – Астрахань, 1968 г. – С. 21–23.

118. Павлов, А.В. Распределение, качественный состав и численность осетровых в Северном Каспии в 1967 г. / А.В. Павлов, С.С. Захаров //Тр. ЦНИОРХ. – 1971. – Т.3 С. 235–268.

119. Пальгуй, В.А. Численность и распределение осетровых в Северном Каспии / В.А. Пальгуй // Осетровое хозяйство водоемов СССР. – Астрахань, 1984. – С. 248–249.

120. Пальгуй, В.А. Распределение и численность севрюги в Каспийском море 1983-1985 гг./ В.А. Пальгуй // Формирование запасов осетровых в условиях комплексного использования водных ресурсов (краткие тезисы научных докладов к предстоящему всесоюзному совещанию в октябре 1986 г.). – Астрахань, 1986. – С. 255–257.

121. Пальгуй, В.А. Колебания численности осетровых рыб в Северном Каспии / В.А. Пальгуй, Е.В. Красиков, К.Л. Шеходанов // Осетровое хозяйство водоемов СССР. – Крат. Тезисы докл. к предстоящему Всесоюзному совещанию (ноябрь, 1989 г.), Часть I. – Астрахань 1989. – С. 242–244.

122. Переварюха, Ю.Н. Иммунохимический анализ популяционной структуры каспийской севрюги / Ю.Н. Переварюха // V Всесоюз. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб: Тез. докл. – Киев: Наук.думка, 1982. – Ч. 4: Популяционная физиология и биохимия рыб. – С.25–26.

123. Переварюха, Ю.Н. Популяционно-генетические исследования севрюги в Каспийском море / Ю.Н. Переварюха, Р.Ш. Кайбелев, Т.З. Турачев // VI Всесоюз. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб: Тез. докл., сентябрь 1985 г. – Вильнюс, 1985 – С. 184–185.

124. Переварюха, Ю.Н. О распределении рас и популяций осетровых рыб в Каспийском море / Ю.Н. Переварюха, П.П. Гераскин, В.Л. Львов, Галактионова М.Л. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 1998 г. – Астрахань, 1999. – С. 156–161.

125. Переварюха, Ю.Н. Процентное соотношение различных популяций осетровых видов рыб в траловых уловах в Каспийском море в 2002 г. (результаты весенней и летней съемок) / Ю.Н. Переварюха, П.П. Гераскин, Т.В. Ручьева, Коробкова Т.С. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2002 г. – Астрахань, 2003 – С.184–193.

126. Переварюха, Т.Ю. Соотношение различных популяций севрюги в Каспийском море / Т.Ю. Переварюха, Ю.Н. Переварюха // Наука: Поиск 2005. Сб. научных статей в 2 т. – Изд. АГТУ. – 2005. – Т. 2. – С.130–133.
127. Песериди, Н.Е. К вопросу о влиянии некоторых факторов на ход, размножение и уловы осетровых / Н.Е. Песериди, Т.С. Чертихина // Труды ВНИРО. – 1967. – Т.1. – С. 108–112.
128. Песериди, Н.Е. Сезонная динамика хода осетровых в низовьях Урала / Н.Е. Песериди // Осетровые СССР и их воспроизводство: Труды ЦНИОРХ. – М.: Изд-во Пищевая промышленность. – 1971. – Т. 3. – С. 355–358.
129. Песериди, Н.Е. О возможном неблагоприятном влиянии повышенной солености вод приустьевого взморья р. Урал на воспроизводство осетровых / Н.Е. Песериди, Е.А. Дризо, В.С. Гапонов, А.Г. Тарабрин, А.А. Большов // Осетровое хозяйство внутренних водоёмов СССР. – Астрахань: Изд-во «Волга», 1979. – С. 198-199.
130. Пироговский, М.И. Биология белуги и роль промышленного разведения этого вида и формирование запасов осетровых Каспия: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Михаил Иванович Пироговский. – М.: ВНИРО, 1978. – 23 с.
131. Пироговский, М.И. Распределение, структура и состояние запасов Каспийских осетровых / М.И. Пироговский // Рациональные основы ведения осетрового хозяйства (тезисы докладов). – Волгоград: изд. Волгоградская правда, 1981. – С. 193–195.
132. Пискунов, И.А. Распределение осетровых в Каспийском море/ И.А. Пискунов // Изменение биологических комплексов Каспийского моря за последние десятилетия. – М. 1965. – С.213–234.
133. Полянинова, А.А. Локальная изменчивость питания белуги и севрюги на северокаспийских пастбищах / А.А. Полянинова, Л.Н. Кашенцева // Формирование запасов осетровых в условиях комплексного использования водных ресурсов (краткие тезисы научных докладов к предстоящему всесоюзному совещанию в октябре 1986 г.). – Астрахань, 1986. – С.277–279.

134. Полянинова, А.А. Состояние нагула осетровых рыб в Каспийском море в современный период / А.А. Полянинова, А.И. Молодцова, Л.Н. Кашенцева // XI всероссийская конф. по промысловой океанологии: тез.докл. – Калининград: Изд-во ВНИРО, 1999. – С. 127–128.

135. Полянинова, А.А. Гидробиологическая характеристика условий нагула промысловых рыб в Каспийском море в 2000 г. / А.А. Полянинова, А.Г. Ардабьева, Т.А. Татаринцева [и др.] // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2000 г. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. – С. 110–125.

136. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 25 ноября 2011 г. № 1166 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам "

137. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 5 февраля 2015 г. № 104 «О предоставлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных биологических ресурсов во внутренних водоемах Российской Федерации, в том числе во внутренних морских водах Российской Федерации, а также в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях, а также внесения в них изменений»

138. РД 52.24.496-2005. Руководящий документ. Температура, прозрачность и запах поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений. ГУ "Гидрохимический институт". – Ростов-на-Дону, 2005 г. – Утвержден от 15.06.2005 Росгидромет. – 6 с.

139. Реков, Ю.И. Разработка методов и подходов к оценке неучтенного изъятия осетровых рыб / Ю.И. Реков. // Материалы II-го международного семинара «Методы оценки запасов осетровых и определения их ОДУ» (13-15 ноября, 2003 г., Астрахань). – Астрахань. – 2004. – С.109–110.

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

141. Романов, А.А. Распределение, качественная структура и численность осетровых рыб в Каспийском море и предварительный прогноз их прилова при промысле частиковых рыб на 2006 г. / А.А. Романов, А.В. Левин, О.Л. Журавлева, Р.П. Ходоревская, Г.Ф. Зыкова, Л.И. Шубина, И.В. Коноплева, И.А. Сафаралиев, В.А. Федоров, В.В. Шведов, Авдеев А.С. // Результаты НИР за 2004 год. – Астрахань – 2005. – С. 244-254.

142. Рубан, Г.И. Динамика популяции белуги, русского осетра и севрюги в условиях запрета их коммерческого лова в Волго-Каспийском бассейне / Г.И. Рубан, Р.П. Ходоревская, М.И. Шатуновский // Вопр. рыболовства. – 2015. – Т. 16. – № 3. – С. 269–277.

143. Рубан, Г.И. Антропогенные и климатические факторы снижения воспроизводства популяций белуги *Huso huso*, русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* и севрюги *A. stellatus* Волго-Каспийского бассейна / Г.И. Рубан, Р.П. Ходоревская, М.И. Шатуновский // Вопросы рыболовства. – 2017. – Т. 18. – № 1. – С. 1–14.

144. Салманов, М.А. Определение первичной продукции литорали и сублиторали западного побережья Южного Каспия от Апшерона до г. Астары с помощью C^{14} / М.А. Салманов // Радиоактивные изотопы в гидрологии и методы санитарной гидробиологии. – Л.: Наука. – 1964. – С. 83–90.

145. Салманов, М.А. Первичная продукция Каспийского моря / М.А. Салманов // Тезисы Всесоюзного совещания по биологической продуктивности Каспийского моря. – Астрахань. – 1972 а. – С.68.

146. Салманов, М.А. Продукция фитопланктона в восточном побережье среднего Каспия / М.А. Салманов // Гидробиологический журнал. – 1972 б. – Т.5. – С.71–75.

147. Салманов, М.А. Роль микрофлоры и фитопланктона в продукционных процессах Каспийского моря / М.А. Салманов. – М.: Наука, 1987. – 216 с.

148. Салманов, М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря / М.А. Салманов. – Баку: полиграфическо-издательский центр «Исмаил», 1999. – 400 с.

149. Сафаралиев, И.А. Распределение севрюги (*Acipenser stellatus*) в зависимости от температурных факторов среды в условиях изменяющегося уровня Каспийского моря / И.А. Сафаралиев // Вклад молодых ученых в рыбохозяйственную науку России: тез. докл. Всерос. молодежной конф. (Санкт-Петербург, 12-14 октября 2010 г.). – СПб.: ГосНИОРХ, 2010. – С. 164–166.

150. Сафаралиев, И.А. Современное состояние популяции севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas) в изменяющихся условиях Каспийского моря / И.А. Сафаралиев, Г.Ф. Зыкова // Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресных вод: проблемы и пути решения: Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Г.В. Никольского, 20-23 сентября 2010 года в г. Ростове-на-Дону. – Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ». – 2010 а. – С. 259–262.

151. Сафаралиев, И.А. Миграция и распределение севрюги (*Acipenser stellatus*) в Каспийском море по результатам тралово-сетных осетровых съемок в 2009 году / И.А. Сафаралиев, Г.Ф. Зыкова // Материалы докладов IV Всероссийской конференции с международным участием «Поведение рыб», 19-21 октября 2010 г., Борок. – 2010 б. – С. 361–365.

152. Сафаралиев, И.А. Современное состояние запасов, распределения и качественная структура севрюги (*Acipenser stellatus*, Pallas, 1771) каспийской популяцию / И.А. Сафаралиев // Вопросы рыболовства. – 2012. – Том 13. – №4 (52). – С. 841–854.

153. Сафаралиев, И.А. Обоснование оптимальной эксплуатации популяции севрюги *Acipenser stellatus* в Волго-Каспийском рыбохозяйственном районе с

использованием модели Бивертон-Холта / И.А. Сафаралиев // Вест. АГТУ. Сер. Рыб.хоз. – 2013. – № 3. – С. 67–76.

154. Сафаралиев, И.А. Летнее распределение русского осетра и севрюги в зависимости от кормовых организмов на пастбищах Каспийского моря / И.А. Сафаралиев, И.В. Коноплева, Л.В. Смирнова // Рыбное хозяйство. – 2013. – №5 – С. 85–89.

155. Сбикин, Ю.Н. Двигательная и пищевая активность молоди севрюги *Acipenser stellatus Pallas* при резком повышении солености воды / Ю.Н. Сбикин, Н.Н. Лапина // Вопросы ихтиологии. – 1982. – Т.22. Вып.5. – С.864–868.

156. Свиточ, А.А. Регрессивные эпохи Большого Каспия / А.А. Свиточ // Водные ресурсы и режим водных объектов. – 2016. – Том 43. – № 2. – С.134–148.

157. Сливка, А.П. Миграции осетровых в дельте и нижнем течении р. Волги: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Сливка Алексей Петрович. – М.: ВНИРО, 1974. – 21 с.

158. Сливка, А.П. Динамика численности северо-каспийской севрюги / А.П. Сливка, Г.Ф. Довгопол, С.С. Захаров // Биологическая продуктивность Каспийского и Азовского морей. – М.: Изд-во ВНИРО, 1982. – С. 64–75.

159. Сливка, А.П. Качественная структура, динамика численности, распределение и состояние запасов осетровых в Каспийском море в 1999 г. / А.П. Сливка, Г.Ф. Зыкова, Е.В. Красиков, В.А. Федоров, В.В. Шведов, В.А. Чуканов // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 1999 год. – Астрахань. – 2000. – С. 154–160.

160. Соколова, Н.Ю. Питание осетровых рыб в Северном Каспии после вселения *Nereis succinea* / Н.Ю. Соколова // Сборник работ по акклиматизации *Nereis succinea* в Каспийском море. – М.: Изд-во Московского общества испытателей природы, 1952. – С. 44–56.

161. Тарвердиева, М.И. Пастбища осетра и севрюги в Каспийском море в 1962 г. многолетние изменения в питании каспийских осетровых» / М.И. Тарвердиева // Материалы научной сессии ЦНИОРХ (18-19 марта). Баку, 1968 – С.87–89.

162. Тихий, М.И. О рыбоводном коэффициенте / М. И. Тихий // Изв. Гос. ин-та опытной агрономии. – 1925. – Т. III. – № 1. – С. 17–24.
163. Тихий, М.И. Запасы рыб и гидростроительство / М.И. Тихий, П. В. Викторов // М.: Пищепромиздат, 1940. – 200 с.
164. Ходоревская, Р.П. Поведение, миграции, распределение, и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна / Р.П. Ходоревская, Г.И. Рубан, Д.С. Павлов. – Москва.: Изд-во Товарищество научных изданий КМК, 2007а. – 241 с.
165. Ходоревская, Р.П. Современное состояние запасов биологических ресурсов Каспийского бассейна / Р.П. Ходоревская, Г.А. Судаков, А.А. Романов // Вопр. рыболовства. – 2007 б. – Т.8. – № 4(32). –С. 608–622.
166. Ходоревская, Р.П. Миграции и распределение осетровых в Каспийском море / Р.П. Ходоревская, В.А. Калмыков, И.А. Сафаралиев, И.В. Коноплева // Поведение рыб. Материалы докладов V Всероссийской конференции. 8-9 ноября 2014 г., Борок, Россия, 2014а. – С.288–294.
167. Ходоревская, Р.П. Влияние факторов среды на распределение осетровых в Каспийском море / Р.П. Ходоревская, В.А. Калмыков, И.А. Сафаралиев, Коноплева И.В. // Поведение рыб. Мат-лы докл. V Всерос. конф. 8-9 ноября 2014 г., Борок, Россия. – Кострома: Костромской печатный дом, 2014б. – С. 282–287.
168. Хураськин, Л.С. Тюлень / Л.С. Хураськин // Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы. – М.: Наука. – 1989. – С.198–205.
169. Цветков, В.И. Особенности гидростатики сеголеток белуги *Huso huso* L. и распределение в вертикальном галоградиенте / В.И. Цветков, Сбикин Ю.Н. // Вопросы ихтиологии. – 1983. – Т.23. – Вып.6. – С. 1001-1009.
170. Цепкин, Е.А. О максимальных размерах и возрасте некоторых осетровых рыб / Е.А. Цепкин, Л.И. Соколов // Вопр. ихтиологии. – 1971. – Т. 11. – Вып. 3(68). –С. 541–542.
171. Чуканов, В.А. Особенности распределения севрюги в Северном Каспии / В.А. Чуканов, Е.В. Красиков, В.А. Федоров, В.В. Шведов // Тез.докл.

Международной конференции «Осетровые на рубеже XXI века». – Астрахань. – 2000. – С.110–111.

172. Шелухин, Г.К. Физиолого-биохимические параметры осетровых в морской и речной периоды жизни: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Георгий Кириллович Шелухин. – Петрозаводск, 1974. – 19 с.

173. Шибает, С.В. Промысловая ихтиология / С.В. Шибает. – Калининград: Аксиос, 2014. – 535 с.

174. Шорыгин, А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря (осетровых, карповых, бычковых, окуневых и хищных сельдей)/ А.А. Шорыгин // М.: Пищепромиздат. – 1952. 267 с.

175. Шубина, Т.Н. Расселение молоди и распределение размерно-весовых группировок севрюги в Каспийском море / Т.Н. Шубина // Труды лаб. по воспроизводству рыбных запасов Главрыбвода МРХ СССР. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – С. 220–231.

176. Шубина, Т.Н. Ареалы, численность, биологические свойства основных представителей семейства осетровых в Каспийском море / Т.Н. Шубина // Биологические ресурсы Каспийского моря. – Астрахань: Изд-во «Волга», 1974. – С.139–141.

177. Шубина, Т.Н. О биологических особенностях каспийских осетровых и их использовании в практике осетрового хозяйства / Т.Н. Шубина // Биологическая продуктивность Каспийского моря. Труды ВНИРО. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – Т. CVIII. –С. 109–120.

178. Alverson, D.L. Demersal fish explorations in the northeastern Pacific Ocean—an evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock size and yield forecasts / D.L. Alverson, W.T. Pereyra // J. Fish. Res. Board Can. – 1969. – V. 26. – P. 1985–2001.

179. Alverson, D. A graphic review of the growth and decay of population cohorts / D. Alverson, M. Carney // J. du Conseil Internat. pour l'Exploration de la Mer. – 1975. – V. 36 (2). –P. 133–143.

180. Cleveland, W. S. Local regression models. *Statistical Models in S* / W. S. Cleveland, E. Grosse, W. M. Shyu // New York: Chapman & Hall, 1992. – Ch. 8. – P. 309–376.
181. Dick, E.J. Depletion-based stock reduction analysis: a catch based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks / E.J. Dick, A.D. MacCall // *Fish. Res.* – 2011. – V. 110. – P. 331–341.
182. Dray, S. The *ade4* package: implementing the duality diagram for ecologists / S. Dray, A.B. Dufour, // *Journal of Statistical Software.* – 2007. – V 22(4). – P. 1–20.
183. FAO. Fisheries Technical Paper № 474. – Rome: FAO, 2005. – 251 p.
184. Fletcher, R.I. On the restructuring of the Pella–Tomlinson system / R.I. Fletcher // *Fish. Bull. USA.* – 1978. – V. 76. – P. 515–521.
185. Freyhof, J. European red list of freshwater fishes / J. Freyhof, E. Brooks. – Luxembourg: Publ. Office of the European Union, 2011. – 61 p.
186. Gulland, J.A. *The Fish Resources of the Ocean.* / J.A. Gulland. – Surrey, England: Fishing News (Books) Ltd, 1971. – 255 p.
187. Harden Jones. *Fish migrations. With 86 fig.* / F.R. Harden Jones. – London: Edward Arnold (Publishers) Ltd. – 1968. – 325 pp.
188. Hewitt, D. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity / D. Hewitt, J. Hoenig // *Fish. Bull.* – 2005. – V. 103. – P. 433–437.
189. Hoenig, J. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates / J. Hoenig // *Fish. Bull.* – 1983. – V. 81. – P. 893–903.
190. Ivanov, B.P. Contemporary status of Caspian sturgeon (*Acipenseridae*) stock and its conservation / B.P. Ivanov, A.D. Vlasenko, R.P. Khodorevskaya, V.M. Raspopov // *Journal of Applied Ichthyology.* – 1997. – Vol. 15 (4–5). – P. 106–113.
191. Jensen, A. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival / A. Jensen // *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* – 1996. – V. 53. – P. 820–822.
192. Kimura, D.K. Generalized stock reduction analysis / D.K. Kimura, J.W. Balsinger, D.H. Ito // *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* – 1984. – V. 41. – P. 1325–1333.

193. Kimura, D.K. Stock reduction analysis: another solution to the catch equations / D.K. Kimura, J.V. Tagart // *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* – 1982. – V. 39. – P. 1467–1472.
194. MacCall, A.D. Depletion-corrected average catch: a simple formula for estimating sustainable yields in data-poor situations / A.D. MacCall // *ICES J. Marine Sci.* – 2009. – V. 66. – P. 2267–2271.
195. Musick, J.A. Criteria to define extinction in marine fishes / J.A. Musick // *Fisheries.* – 1999. – V.24. – № 12. – P. 6–13.
196. Nelson, G. A. Fishmethods: fishery science methods and models in R. R package version 1.10-0.4. [Электронный ресурс] / G. A. Nelson. – 2017. – Режим доступа: <https://CRAN.R-project.org/package=fishmethods>.
197. Pella J.J. A generalized production model / J.J. Pella, P.K. Tomlinson // *IATTC Bull.* – 1969. – V. 13. – P. 421–458.
198. R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing [Электронный ресурс] – Vienna, Austria, 2016. – Режим доступа: <https://www.R-project.org/>
199. Ruban, G.I. Caspian Sea sturgeon fishery: a historic overview / G.I. Ruban, R. P. Khodorevskaya // *J. Appl. Ichthyol.* – 2011. – V. 27. –P.199–208.
200. Shubina, T.N. *Acipenser stellatus* Pallas, 1771 / T.N. Shubina, A.A. Popova, V.P. Vasil'ev // *The Freshwater Fishes of Europe.* – Verlag Wiesbaden: AULA. – 1989.– Vol. 1. – Part 2. – P. 395–443.
201. Stolberg, F. Caspian Sea, GIWA Regional assessment 23 / F. Stolberg, O. Borysova, I. Mitrofanov, V. Barannik, P. Eghtesadi // Kalmar, Sweden: University of Kalmar, UNEP, 2006. – 92 p.
202. Vasilyev, D.A., An analytical dynamic approach to stock size and TAC assessment for Russian sturgeon in the Volga river / D.A. Vasilyev, Yu. Efimov // 1-st International symp. on the sturgeon (Bordoux, France). – 1989. – P. 74.
203. Vasilyev, D.A. Combined approach to stock size estimation and TAC assessment in the absence of reliable data on fishing effort / D.A. Vasilyev, Z.I. Kizner, Yu. Efimov // *ICES.* – 1990. – CM.1990/D:9. – 12 p.

204. Walters, C.J. A stochastic approach to stock reduction analysis / C.J. Walters, S.J.D. Martell, J. Korman // *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* – 2006. – V. 63. – P. 212–223.

205. Wetzel, C.J. Model performance for the determination of appropriate harvest levels in the case of data-poor stocks / C.J. Wetzel, A.E. Punt // *Fish. Res.* – 2011. – V. 110. – P. 342–355.

206. Ye, Yimin. Effects of IUU fishing and stock enhancement on and restoration strategies for the stellate sturgeon fishery in the Caspian Sea / Ye Yimin, J. Valbo-Jørgensen // *Fisheries Research.* – 2012. – V.131–133. – P. 21–29.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

КПВ – коэффициент промыслового возврата

НИР – научно-исследовательские работы

ННН-промысел – незаконный, несообщаемый и нерегулируемый промысел

НЭБ – научно-экспериментальная база

ОДУ – общий допустимый улов

ООН – Организация Объединённых Наций

ОРЗ – осетровый рыбоводный завод

ПРП – правило регулирования промысла

РФ – Российская Федерация

ФАР – Федеральное агентство по рыболовству

ФГБНУ «ВНИРО» – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»

ФГБНУ «КаспНИРХ» – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»

ФСБ РФ – Федеральная служба безопасности Российской Федерации

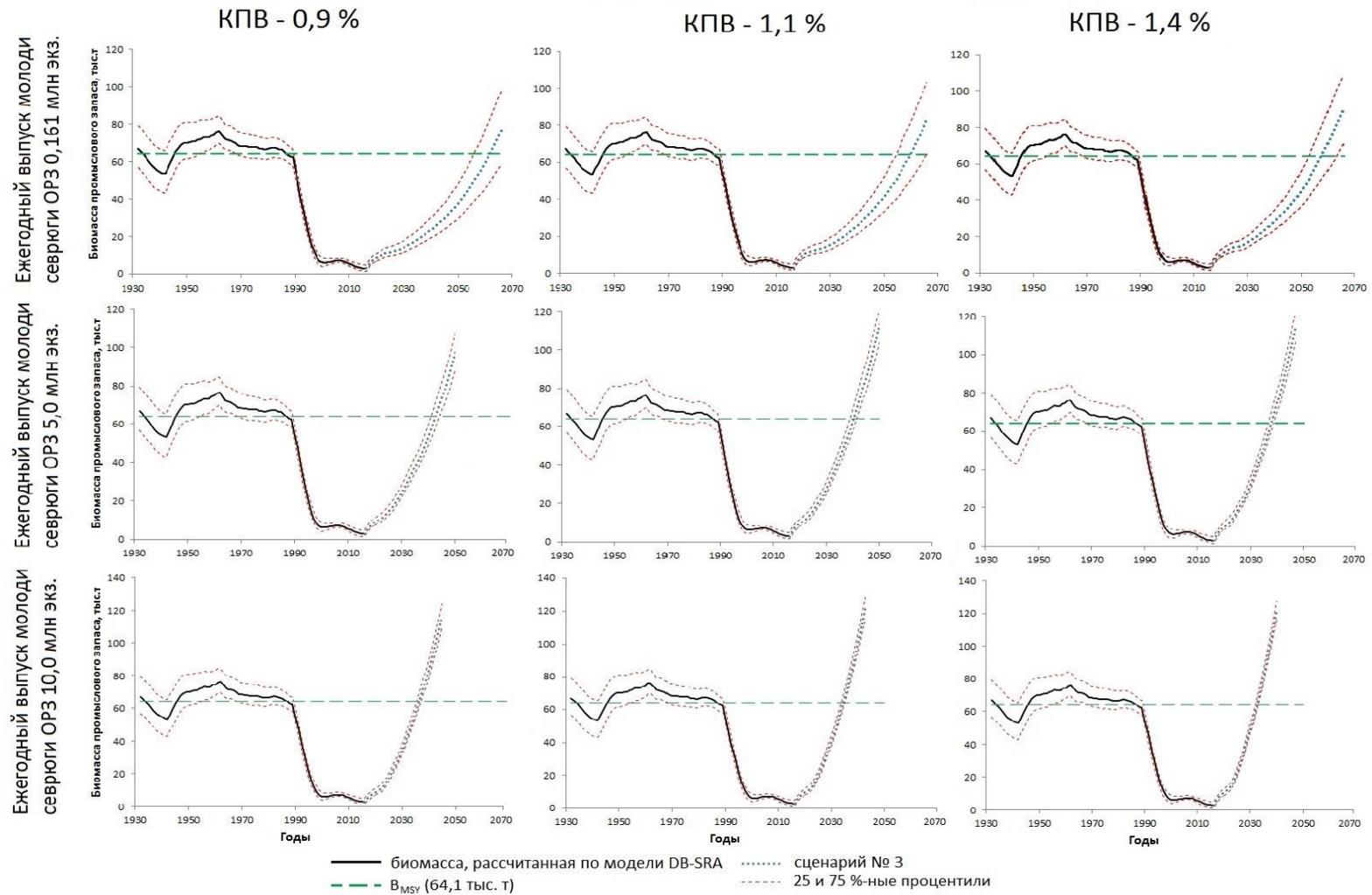
CITES – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora

DB-SRA – Depletion-Based Stock Reduction Analysis

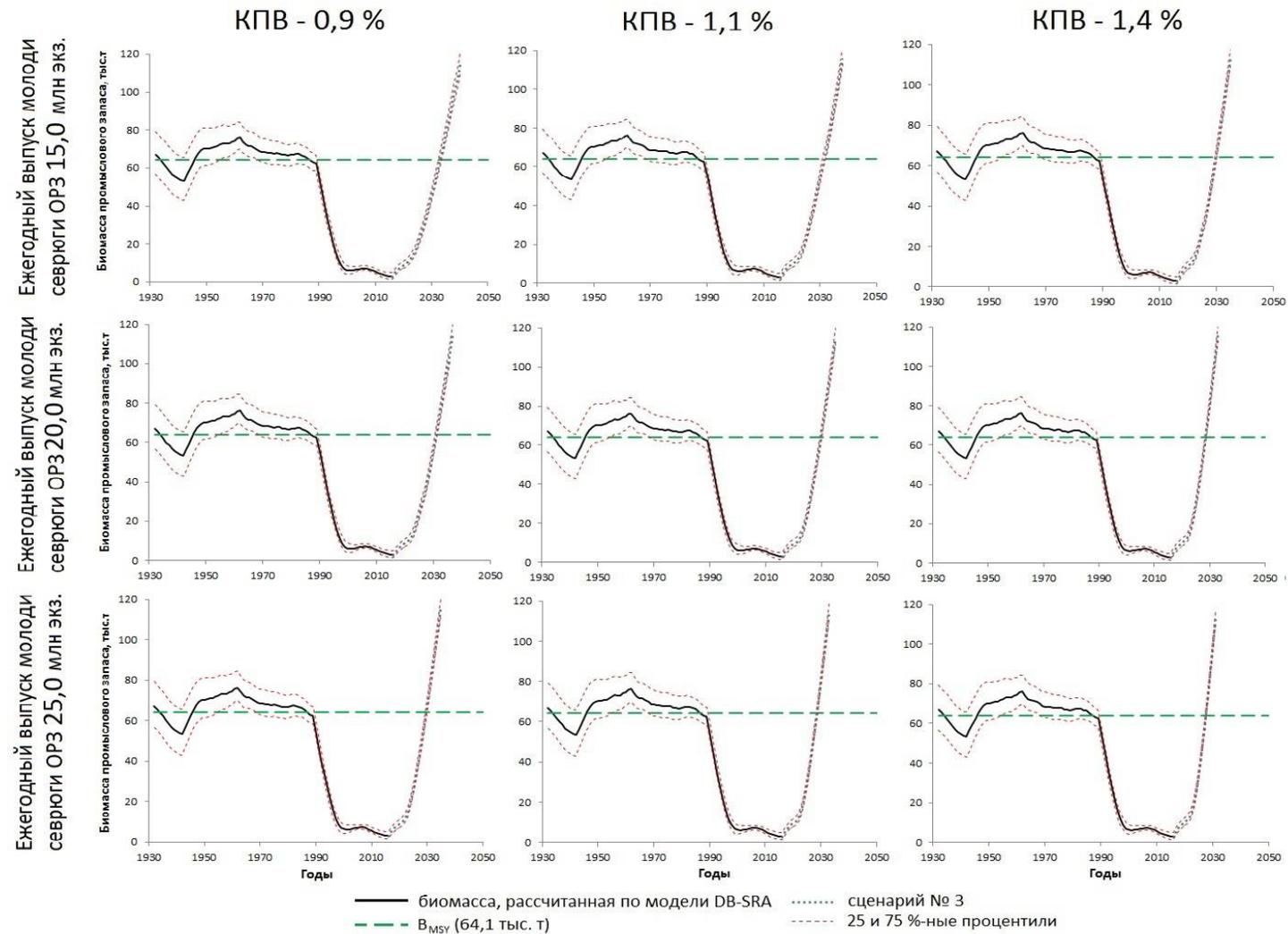
FAO – Food and Agriculture Organization

TACIS – Technical Assistance for the Commonwealth of Independent States

ПРИЛОЖЕНИЯ



Восстановление промыслового запаса волжской популяции севриги по сценарию № 3 модели DB-SRA при ежегодном выпуске молоди севриги с ОРЗ Астраханской области в объеме 0,161; 5,0 и 10,0 млн экз. и КПВ 0,9; 1,1 и 1,4 %



Восстановление промыслового запаса волжской популяции севрюги по сценарию № 3 модели DB-SRA при ежегодном выпуске молоди севрюги с ОРЗ Астраханской области в объеме 15,0; 20,0 и 25,0 млн экз. и КПВ 0,9; 1,1 и 1,4 %