

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
**"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ"**
ФГБНУ «ВНИРО»
Байкальский филиал («БайкалНИРО»)

МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПО
ОБЪЕКТУ ГЭЭ

**«МАТЕРИАЛЫ, ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ ОБЩИЕ ДОПУСТИМЫЕ УЛОВЫ
ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ
(С ВПАДАЮЩИМИ В НЕГО РЕКАМИ) НА 2022 Г.
(С ОЦЕНКОЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ)»**

Руководитель Байкальского филиала
ФГБНУ «ВНИРО»,
канд. биол. наук

В.А. Петерфельд

Улан-Удэ 2021

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения	3
2. Перечень нормативных документов	5
3. Пояснительная записка	7
3.1 Общая характеристика водного объекта.....	7
3.1.1 Основные лимнологические характеристики озера Байкал	7
3.1.2 Основные источники загрязнения	8
3.1.3 Уровень озера Байкал	9
3.1.4 Состояние вод озера.....	11
3.1.5 Донные отложения.....	17
3.1.6 Гидробиологическая характеристика.....	18
3.2 Общая характеристика рек – притоков Байкала	28
3.3 Водные биоресурсы, для которых разрабатывается ОДУ	32
3.3.1 Омуль байкальский (<i>Coregonus migratorius</i> , Georgi, 1775).....	32
Анализ доступного информационного обеспечения	33
Обоснование выбора методов оценки запаса	39
3.1 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла	43
Определение биологических ориентиров	48
Уровень воспроизводства байкальского омуля.....	49
Диагностика полученных результатов	52
Прогнозирование состояния запаса	53
Обоснование рекомендуемого объема ОДУ	56
3.3.2 Сиг (пресноводная жилая форма) (<i>Coregonus lavaretus pidschian</i> , Gmelin, 1788)	57
Общая характеристика объекта.....	57
Анализ доступного информационного обеспечения	59
Обоснование выбора методов оценки запаса	59
Обоснование правила регулирования промысла.....	61
Прогнозирование состояния запаса и обоснование объема ОДУ.....	62
3.3.3 Хариус (<i>Thymallus arcticus baicalensis</i> Dyb., <i>Thymallus arcticus brevipinnis</i> Swet.)	62
Общая характеристика объекта.....	62
Белый байкальский хариус	63
Черный байкальский хариус.....	66
3.3.4 Байкальская нерпа (<i>Pusa sibirica</i> Gm.)	70
Общая характеристика объекта.....	70
Анализ доступного информационного обеспечения	71
Обоснование выбора методов оценки запаса	72
Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла.....	73
Обоснование правил регулирования промысла	78
Прогнозирование состояния запаса и обоснование ОДУ	79
4. Оценка воздействия промысла на окружающую среду	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	82
Список использованных источников.....	83

1. Общие сведения

Объектами исследований являются водные биологические ресурсы озера Байкал – омуль байкальский, сиг, хариус, байкальская нерпа.

Цель хозяйственной деятельности – рыболовство и рациональное использование водных биологических ресурсов.

Разработка обоснования общих допустимых уловов (ОДУ) проводится Байкальским филиалом ФГБНУ «ВНИРО».

Заказчик – Федеральное агентство по рыболовству (Росрыболовство).
Юридический и почтовый адрес: 107996, г. Москва, Рождественский бульвар, 12. Контактный телефон: (495) 628-23-20.

Разработчики обосновывающих ОДУ материалов: Петухова Н.Г., Базов А.В., Петерфельд В.А., Бобков А.И., Ткачев В.В. и др.

Контактное лицо – заведующий лабораторией водных биоресурсов Байкальского филиала ФГБНУ «ВНИРО» Бобков Андрей Иванович. Контактный телефон (3012) 46-30-39.

Представленные к экспертизе материалы ОДУ водных биологических ресурсов озера Байкал (байкальский омуль, сиг, хариус, байкальская нерпа) подготовлены в соответствии с требованиями следующих нормативных документов: Постановление Правительства Российской Федерации от 25 июня 2009 г. № 531 «Об определении и утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов и его изменении» и Приказ Федерального агентства по рыболовству (МСХ РФ) от 6 февраля 2015 г. № 104 «О предоставлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных биологических ресурсов во внутренних водах Российской Федерации, а также в территориальном море Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях, а также внесения в них изменений».

В соответствии с приказом Федерального агентства по рыболовству № 104 при подготовке материалов ОДУ используется научная информация, по-

лученная в ходе ресурсных исследований научно-исследовательских организаций Федерального агентства по рыболовству, государственного мониторинга водных биологических ресурсов, осуществляемого в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2008 г. N 994 "Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных биологических ресурсов и применении его данных", научного наблюдения на рыбных промыслах, а также данные промысловой статистики.

2. Перечень нормативных документов

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (в ред. Федерального закона от 08.12.2020 г. №416-ФЗ);

Федеральный закон от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ «О животном мире» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, № 17, ст. 1462) (в ред. Федерального закона от 08.12.2020 N 429-ФЗ);

Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, № 2, ст. 133) (в ред. Федерального закона от 30.12.2020 N 494-ФЗ, с изм., внесенными Постановлением Конституционного Суда РФ от 05.03.2013 № 5-П);

Федеральный закон от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (в ред. Федерального закона от 08.12.2020 N 429-ФЗ);

«Положение о государственном надзоре в области использования и охраны водных объектов», утвержденное постановлением Правительства РФ от 5.06.2013 г. № 476 (в ред. Постановления Правительства РФ от 30.12.2020 N 2385);

«Положение об оценке воздействия планируемой хозяйственной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации», утвержденное приказом Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 15 мая 2000 г. № 372 (Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2000, № 31, ст. 3);

Постановление Правительства РФ от 29.04.2013 г. № 380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания»;

Постановление Правительства РФ от 30.04.2013 г. № 384 «О согласовании Федеральным агентством по рыболовству строительства и реконструкции объектов капитального строительства, внедрения новых

технологических процессов и осуществления иной деятельности, оказывающей воздействие на водные биологические ресурсы и среду их обитания» (в ред. Постановления Правительства РФ от 28.09.2020 N 1553);

Федеральный закон от 01.05.1999 г. №94-ФЗ «Об охране озера Байкал» (в ред. Федерального закона от 08.12.2020 N 429-ФЗ с изм., внесенными Федеральными законами от 27.12.2000 № 150-ФЗ, от 30.12.2001 № 194-ФЗ, от 24.12.2002 № 176-ФЗ, от 23.12.2003 № 186-ФЗ).

Распоряжение Правительства РФ от 05.03.2015 г. № 368-р «Об утверждении границ водоохраной и рыбоохранной зон озера Байкал» (в ред. распоряжения Правительства РФ от 26.03.2018 № 507-р).

Приказ Минсельхоза России от 24.04.2020 N 226 «Об утверждении правил рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна» (Зарегистрировано в Минюсте России 09.10.2020 N 60326).

Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 № 45203) (в ред. Приказов Минсельхоза России от 12.10.2018 г. № 454, от 10.03.2020 г. № 118).

Постановление Правительства от 28.02.2019 г. № 206 «Об утверждении положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения».

3. Пояснительная записка

3.1 Общая характеристика водного объекта

3.1.1 Основные лимнологические характеристики озера Байкал

(по: Матвеев и др.[1], Байкал и люди [2]):

Площадь озера (с островами) – 31570 км².

Площадь водосборного бассейна (Россия – 53,6 %, Монголия – 46, 4 %) – 588092 км².

Длина озера – 636 км.

Ширина наибольшая (п. Усть-Баргузин – п. Онгурен) – 79,5 км.

Ширина наименьшая (дельта р. Селенги – Бугульдейка) – 25 км.

Длина береговой линии – 2100 км.

Глубина максимальная – 1637 м, средняя – 758 м.

Объем воды (20 % мировых и 90 % российских запасов пресной воды) – 23000 км³.

Прозрачность вод (по Секки) – до 40 м.

Средняя амплитуда внутригодовых изменений уровня воды

- после зарегулирования стока – 0,94 м,

- до зарегулирования стока – 0,84 м.

Время минимального уровня в годовом цикле

- после зарегулирования стока – май,

- до зарегулирования стока – апрель.

Время максимального уровня в годовом цикле

- после зарегулирования стока – октябрь,

- до зарегулирования стока – сентябрь.

Температура поверхности воды:

- в открытом пространстве – от 0 °С (декабрь-январь) до +14-15°С (август);

- в заливах и сорах – от 0 °С до +23°-+24 °С.

Колебания дат полного замерзания – 14.12.1877 г. – 06.02.1959 г.

Средняя дата замерзания – 8-10 января.

Колебания дат полного вскрытия – 17.04.1923 г. – 26.05.1879 г.

Средняя дата вскрытия – 4-6 мая.

Далее представлена информация из ежегодных государственных докладов МПР РФ "О состоянии озера Байкал и мерах по его охране" и некоторых других источников.

3.1.2 Основные источники загрязнения

(по «Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2019 г.»» [3])

Основными источниками загрязнения оз. Байкал и негативного воздействия на окружающую среду Байкальской природной территории (БПТ) являются антропогенные объекты следующих промышленных узлов: Южнобайкальский (ВСЖД, г. Байкальск, г. Слюдянка, г. Бабушкин, пгт. Култук и др.), Северобайкальский (БАМ, г. Северобайкальск, пгт. Нижнеангарск), Нижнеселенгинский (п. Селенгинск и Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат, п. Каменск, Тимлюйский цементный завод и Тимлюйская ТЭЦ), Улан-Удэнский (г. Улан-Удэ и прилегающая территория, ЛВРЗ, ТЭЦ) и Гусиноозерский (Гусиноозерская ГРЭС, г. Гусиноозерск, военные объекты и др.).

Воздушная среда, водные объекты и почва загрязняются промышленными и хозяйственно-бытовыми выбросами и сбросами, а также отходами, образующимися в результате деятельности предприятий промышленности, жилищного хозяйства, железнодорожного (ВСЖД и БАМ) и автомобильного транспорта; свою лепту вносят гидро- и теплоэнергетика (Ангаро-Енисейский каскад ГЭС, ТЭЦ, ГРЭС), судоходство, а также межрегиональный и глобальный перенос загрязняющих веществ. После прекращения производства целлюлозы и закрытия Байкальского ЦБК, с 2013 г. отмечается значительное сокращение объемов сбросов загрязняющих веществ в озеро Байкал и его основные притоки (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Основные источники и объем сбросов в поверхностные водные объекты (в млн м³) в крупных городах БПТ [3]

Территория	Субъект	Зона	Год							
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
г. Байкальск	ИО	ЦЭЗ	14,35	26,71	37,92	20,47	1,77	1,7	1,55	1,34
г. Слюдянка	ИО	ЦЭЗ	0,62	1,06	1,2	1,3	1,2	1,1	0,9	0,91
г. Северобайкальск	РБ	ЦЭЗ	1,90	1,10	1,06	0,82	0,86	0,93	0,92	0,9
г. Улан-Удэ	РБ	БЭЗ	34,10	30,2	27,7	25,4	22,2	22,1	21,66	20,6
ВСЕГО:			50,97	59,07	67,88	47,99	26,03	25,83	25,03	23,75

Примечание: ИО – Иркутская область, РБ – республика Бурятия, ЗК – Забайкальский край; ЦЭЗ – центральная экологическая зона, БЭЗ – буферная экологическая зона.

3.1.3 Уровень озера Байкал

(по «Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2019 г.»» [3])

С 1960 г. уровень озера зависит не только от соотношения выпавших на его водосборном бассейне осадков и притока поверхностных и подземных вод (приход), испарения и стока р. Ангары (расход), но и от режима эксплуатации ГЭС: Иркутской, Братской и Усть-Илимской, работающих в компенсационном, взаимозависимом режиме. Обеспечение потребностей судоходства и водоснабжения в Ангаро-Енисейском бассейне также взаимосвязано с уровнями Байкала и водохранилищ ГЭС. С 1 декабря 2012 г. в промышленную эксплуатацию была введена Богучанская ГЭС, заполнение водохранилища которой началось летом 2012 г. и закончилось в июне 2015 г.

После сооружения плотины Иркутской ГЭС в 70 км от истока Ангары и наполнения Иркутского водохранилища (1956–1958 гг.) подпор от плотины в 1959 г. распространился до озера Байкал и в 1964 г. превысил его средне-многолетний уровень на 1,30 м (456,80 м). В дальнейшем средне-многолетний зарегулированный уровень озера (единый с уровнем Иркутского водохранилища) поддерживается на 1 м выше среднего уровня Байкала до строительства ГЭС. Это позволило использовать часть объема озера в качестве водохранилища для регулирования стока путем искусственного сезонно-годового и, до 2001 г., многолетнего регулирования.

В период с 1999 по 2014 годы уровни озера Байкал выдерживались в рамках 456,00–457,00 м (ТО). Однако, в 2014 г. сложились неблагоприятные условия для регулирования уровня озера Байкал из-за низких величин полезного притока. В связи с этим с момента принятия Постановления Правительства РФ от 26.03.2001 г. №234 "О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» в сентябре 2014 года наблюдался минимальный уровень наполнения – 456,57 м ТО.

Недостаточный запас водных ресурсов в озере и необходимость обеспечения хозяйственно-питьевого водоснабжения населения в нижнем бьефе Иркутской ГЭС в зимний период 2015 года не позволили выдержать минимальный уровень 456,0 м до начала половодья.

Органами исполнительной власти Иркутской области был поставлен вопрос о разрешении снижения минимальной отметки уровня в апреле-мае 2015 года на 0,20 м ниже уровня 456 м ТО. Вопрос был рассмотрен на заседании Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал 09.12.2014. В результате было принято постановление Правительства Российской Федерации от 04.02.2015 № 97 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в осенне-зимний период 2014/2015 года», разрешающее использование водных ресурсов озера Байкал ниже установленного минимального значения уровня воды в объеме, обеспечивающем хозяйственную и иную деятельность населения и объектов экономики, с последующим восстановлением уровня озера Байкал в период половодья 2015 года.

Сохраняющиеся в 2016 г. маловодные условия обусловили необходимость принятия постановления Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 626 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2016–2017 годах», в соответствии с которым предельные значения уровня установлены в зависимости от фактической водности: максимальное и минимальное значения уровня воды в оз. Байкал в период средней водности на отметках соответственно 457 и 456 м (ТО); минимальное

значение уровня воды в оз. Байкал в период (маловодный период) на отметке 455,54 м (ТО); максимальное значение уровня воды в оз. Байкал в период большой водности (многоводный период) на отметке 457,85 м ТО.

Минимальный уровень оз. Байкал в 2019 г. зафиксирован 08 мая на отметке 456,23 м ТО. Наполнение озера началось 9 мая и продолжилось до 18 сентября. Уровень воды за этот период повысился на 0,65 м до отметки 456,88 м ТО, что на 0,07 м ниже максимальной отметки 2018 года (456,95 м ТО). Годовой ход уровня воды в озере Байкал в 2019 году соответствовал условиям средней водности.

Вопросы влияния гидроэнергетики на отдельные элементы экосистемы Байкала рассматриваются в коллективных монографиях «Путь познания Байкала» [4], «Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал» [5], «Рыбы озера Байкал и его бассейна» [6], «Байкаловедение» [7], в работе О. М. Кожовой [8] и других авторов [9]. В работах обсуждаются различные аспекты влияния поднятия уровня на жизнедеятельность гидробионтов и динамику численности водных беспозвоночных и рыб Байкала, а также отдельные аспекты оценки экологического ущерба и пути снижения отрицательных последствий от изменения уровня воды в Байкале в связи с эксплуатацией Ангарского каскада ГЭС.

3.1.4 Состояние вод озера

В озере Байкал сосредоточено 20 % мировых и 90 % российских запасов чистой пресной воды. Для байкальской воды характерно постоянство состава – это вода гидрокарбонатно-кальциевого типа с минерализацией около 100 мг/дм³ и постоянным насыщением кислородом около 10–12 мг/дм³.

Природные изменения химического состава воды Байкала происходят в поверхностном слое. Зимой также отмечается постоянная циркуляция воды подо льдом, направленная в каждой из трех котловин Байкала (Северной, Средней и Южной) против хода часовой стрелки. Наиболее заметны изменения состава воды в содержании кремния и органических соединений фосфора

и азота. Концентрации кремния, интенсивно поглощаемого весной-летом диатомовыми водорослями, резко возрастают зимой. Концентрации органических соединений фосфора и азота связаны с сезонными циклами развития фитопланктона и имеют два максимума (январь-февраль и июль) и два минимума (май-июнь и август).

Экологическое состояние оз. Байкал в 2019 году [3] по гидрохимическим показателям (растворённого в воде кислорода, минеральных веществ, азота нитритного, нитратного, аммонийного, фосфатов, кремния, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, СПАВ, свинца, марганца, никеля, кадмия, меди, цинка, кобальта, серебра, алюминия, хрома и диапазон значений водородного показателя) на фоновом продольном разрезе озера было в пределах допустимых норм. В максимальных значениях зафиксировано превышение ПДК фенолов в 2,0 раза в районах: м. Красный Яр, ГМС Солнечная, ГМС Б. Ушкааний, р. Безымянная, р. Бугульдейка, р. Тья.

По сравнению с 2018 годом, загрязнённость воды озера фенолами в пунктах наблюдений: ст. Маритуй, п. Листвянка, м. Кадильный, р. Тья уменьшилась в 2,0 раза, в районе б. Заворотной – до нулевых значений; в остальных пунктах наблюдений – осталась на прежнем уровне.

По сравнению с обследованием 2018 года, в 2019 году среднее содержание азота нитратного и аммонийного увеличилось в 4,0 и 1,7 раза соответственно, взвешенных веществ, кремния, фосфора общего и органического – в 1,2 раза, углерода органического – в 1,1 раза; марганца и цинка – в 2,0 раза, железа – в 1,5 раза, кадмия – в 1,3 раза, кобальта – в 1,1 раза. Средняя концентрация азота нитритного уменьшилась в 2,0 раза, хлоридов – в 1,3 раза; хрома – в 2,0 раза, алюминия – в 1,8 раза, свинца – в 1,3 раза, бериллия – в 1,1 раза, ртути – до нулевых значений (с 0,001 мг/дм³). Средние содержания растворённого в воде кислорода, минеральных веществ, нефтепродуктов, сульфатов, фосфора минерального, никеля, меди и серебра остались на уровне 2018 года.

В 2019 году в пунктах наблюдений ст. Маритуй, м. Лиственичный, м. Красный Яр, ГМС Узур, ГМС Солнечная, ГМС Б. Ушканий и с. Байкальское степень загрязнённости озера Байкал оценивалась по удельному комбинаторному индексу загрязнения воды (УКИЗВ). Во всех пунктах наблюдений озера Байкал по оценке УКИЗВ качество воды характеризовалось 1-м классом, «условно чистая». В сравнении с 2018 годом, качество воды озера осталось на прежнем уровне.

В 2019 году [3] в районе выпуска коммунальных сточных вод г. Байкальска средняя и максимальная концентрации ванадия на полигоне 250 км² превышали ПДК в 1,5 раза. Как средние, так и максимальные концентрации остальных контролируемых показателей (минеральных веществ, кремния, фенолов, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, свинца, марганца, серебра, никеля, кадмия, железа, меди, цинка, кобальта, алюминия и хрома и ртути) не превышали ПДК. Среднее и максимальное содержание молибдена, максимальное содержание бериллия находилось на уровне ПДК.

По сравнению с фоновыми станциями, в районе влияния сброса сточных вод КОС г. Байкальска, повышены средние значения концентраций серы несulfатной в 2,0 раза, железа – в 1,5 раза, цинка – в 1,3 раза, никеля – в 1,1 раза. Средние значения концентраций растворённого в воде кислорода, минеральных веществ, нефтепродуктов, углерода органического, сульфатов, хлоридов, серы общей, марганца, кобальта, меди, хрома, ртути находились на уровне фоновых показателей. Средние значения концентраций взвешенных веществ на акватории полигона находились ниже фонового уровня в 1,5 раза, кремния, свинца и алюминия – в 1,2 раза, кадмия, серебра и бериллия – в 1,1 раза [3].

В 2019 году общая проекция зоны загрязнения соединениями серы несulfатной составляла – 12,20 км²: в марте – 17,46 км², в июне – 10,40 км², в августе – 8,65 км² [3].

Среднее содержание серы несulfатной не превышало допустимую норму и равнялось 0,04 мг/дм³. Максимальная концентрация серы несulfатной

фатной в зоне загрязнения превышала норму в июне в 2,0 раза, в марте и в августе - в 2,3 раза. Как и в предыдущие годы, зона загрязнения оставалась открытой. В 2018 году общая проекция серы несulfатной составляла – 7,8 км²: в марте – 7,14 км², в июне – 15,79 км², в августе – 0,46 км² [3].

В 2019 году по сравнению с 2018 годом, среднегодовая концентрация фосфора органического в воде контрольного 100-метрового створа увеличилась в 1,4 раза, углерода органического и органических веществ по ХПК - в 1,3 раза, азота общего - в 1,2 раза, органических веществ по БПК₅, азота нитратного и фосфора общего – в 1,1 раза. Среднее содержание взвешенных веществ уменьшилось в 1,8 раза, хлоридов – в 1,1 раза. Средние концентрации минеральных веществ, сульфатов, летучих фенолов, серы общей, растворённого в воде кислорода, азота нитритного и аммонийного и диапазон значений водородного показателя остались на уровне прошлого года [3].

На акватории портов Южного Байкала в 2019 г. средние концентрации нормируемых веществ не превышали установленные нормы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, за исключением фенолов. Среднегодовое содержание фенолов превышало ПДК в 2,0 раза в п. Байкал, находилось на уровне ПДК – в портах Выдрино и Байкальск. Максимальные концентрации фенолов превышали ПДК в 3,0 раза в портах Байкальск (март), Байкал (сентябрь); находились на уровне ПДК в портах Култук (июнь), Выдрино (май). [3].

По сравнению с 2018 годом [3]:

– в порту Култук наблюдалось увеличение средних концентраций азота нитритного в 3,0 раза, азота нитратного и углерода органического – в 1,7 раза, азота органического – в 1,2 раза, азота общего – в 1,1 раза. Среднее содержание фосфора органического уменьшилось в 9,9 раза, фосфора общего – в 6,4 раза, взвешенных веществ – в 3,8 раза, фосфора минерального – в 3,0 раза, сульфатов – в 1,5 раза, азота аммонийного – в 1,4 раза, кремния и хлоридов – в 1,3 раза, минеральных веществ – в 1,1 раза. Средние концентрации

растворённого в воде кислорода, нефтепродуктов и фенолов остались на уровне прошлого года.

– в порту села Б. Голоустное отмечено увеличение средних концентраций азота нитратного в 4,3 раза, азота аммонийного – в 3,2 раза, азота нитритного – в 2,0 раза, сульфатов – в 1,5 раза, кремния – в 1,4 раза, взвешенных веществ – в 1,2 раза;

– в порту Байкальск наблюдалось увеличение средних концентраций фосфора органического и общего в 5,8 и 3,7 раза соответственно, углерода органического – в 3,6 раза, фосфора минерального – в 2,5 раза, азота нитритного и аммонийного – в 2,0 и 1,9 раза соответственно, азота органического и общего – в 1,6 раза, хлоридов и минеральных веществ – в 1,2 раза, растворённого в воде кислорода – в 1,1 раза, фенолов – с нулевых значений до 1,0 ПДК.

– в порту Выдрино отмечено увеличение средних концентраций углерода органического в 2,2 раза, азота нитратного и фосфора органического – в 2,0 раза, сульфатов – в 1,6 раза, кремния – в 1,4 раза, нефтепродуктов – с нулевых значений до 0,02 мг/дм³.

– в порту п. Байкал наблюдалось увеличение средних концентраций фенолов в 2,0 раза, фосфора органического и общего – в 1,6 и 1,3 раза соответственно, азота нитратного – в 1,2 раза, сульфатов – в 1,1 раза, нефтепродуктов – с нулевых значений до 0,01 мг/дм³.

В районе Култук – Слюдянка в 2019 как средние, так и максимальные концентрации всех наблюдаемых веществ не превышали допустимых значений. По сравнению с обследованием 2018 года, увеличилось содержание азота нитратного в 1,5 раза, фосфора общего и органического, углерода органического – в 1,3 раза, азота аммонийного – в 1,1 раза [3].

В районе истока р. Ангара средние и максимальные концентрации минеральных веществ, азота нитритного, нитратного и аммонийного, фосфатов, кремния, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов не превышали ПДК. По сравнению с наблюдением в 2018 году, в районе истока Ангары увеличилось

среднее содержание азота нитратного в 6,7 раза, взвешенных веществ в 1,5 раза, углерода органического в 1,2 раза, нефтепродуктов – с нулевых значений до 0,01 мг/дм³; уменьшилось среднее содержание хлоридов и фосфора органического в 1,3 раза, сульфатов и фосфора общего в 1,1 раза [3].

В районе Селенгинского мелководья [3] средние и максимальные концентрации минеральных веществ, азота нитритного, нитратного и аммонийного, фосфатов, кремния, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов не превышали норм. Содержание растворённого в воде кислорода и диапазон значений водородного показателя находились в допустимых пределах.

По сравнению с 2018 годом, в районе Селенгинского мелководья отмечалось увеличение средних значений концентраций азота нитратного в 3,0 раза, кремния и фосфора минерального – в 2,0 раза, фосфора общего – в 1,5 раза, сульфатов и углерода органического – в 1,3 раза, азота аммонийного – в 1,2 раза, нефтепродуктов – с нулевых значений до 0,02 мг/дм³, азота нитритного – с нулевых значений до 0,001 мг/дм³; уменьшение – взвешенных веществ в 1,3 раза, хлоридов – в 1,2 раза, растворённого в воде кислорода – в 1,1 раза [3].

В районе Баргузинского залива [3] средние и максимальные концентрации минеральных веществ, азота нитритного, нитратного и аммонийного, фосфатов, кремния, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов не превышали установленные нормативы. По сравнению с 2018 годом, увеличилось среднее содержание азота нитратного в 10,3 раза, фосфора органического – в 2,2 раза, кремния – в 1,8 раза, фосфора общего – в 1,6 раза, азота аммонийного – в 1,4 раза, взвешенных веществ – в 1,3 раза.

На севере оз. Байкал (трасса БАМ) [3] средние и максимальные концентрации минеральных веществ, азота нитритного, нитратного и аммонийного, фосфатов, кремния, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, свинца, марганца, никеля, кадмия, железа, цинка, кобальта, серебра, алюминия, меди, хрома и ртути не превышали ПДК. По сравнению с 2018 годом, в 2019 году в воде озера увеличились концентрации азота нитратного в 4,2 раза, азота ам-

монийного - в 1,6 раза, фосфора органического - в 1,2 раза, фосфора общего и углерода органического - в 1,1 раза; марганца – в 4,7 раза, цинка – в 2,5 раза, кобальта – в 1,6 раза, кадмия – в 1,4 раза, никеля – в 1,3 раза, железа – в 1,1 раза [3].

3.1.5 Донные отложения

Донные отложения оз. Байкал используются в качестве важнейшего критерия для оценки антропогенного загрязнения водоема, который отражает воздействие антропогенного фактора за длительный промежуток времени [3].

В 2019 году [3] в районе выпуска коммунальных сточных вод г. Байкальска в донных отложениях отмечено увеличение органического углерода и трудногидролизующих углеводов (ТГУ), органического азота, значения, рассчитанного по отношению ТГУ+ЛГК к общей органике в 1,7; 1,2; 1,1 раза соответственно. Отмечено снижение легкогидролизующих углеводов (ЛГУ) и лигниногумусового комплекса (ЛГК) в 1,2 раза. По сравнению с 2018 годом, отмечено увеличение средних концентраций свинца и никеля в 1,3; 1,1 раза соответственно и уменьшение концентраций железа, кадмия, цинка, кобальта, меди, марганца в 23,8; 22,0; 2,5; 2,1; 1,5; 1,2 раза соответственно [3].

В 2019 году отмечено улучшение состояния донных отложений по наиболее представительному показателю – содержанию серы сульфидной. Среднее содержание серы сульфидной уменьшилось в 5,3 раза, по сравнению с 2018 годом [3].

В авандельте р. Селенги в 2019 году [3] в донных отложениях в сравнении с 2018 годом увеличилось среднее содержание органического углерода в 1,3 раза; уменьшилось содержание сульфидной серы в 5,2 раза, легкогидролизующих углеводов (ЛГУ) – в 4,7 раза, трудногидролизующих углеводов (ТГУ) – в 1,7 раза; по лигниногумусовому комплексу (ЛГК) – в 1,5 раза. Среднее содержание органического азота и значение, рассчитанное по отношению ТГУ+ЛГК к общей органике остались на уровне 2018 года

На севере озера в зоне влияния трассы БАМ в 2019 году [3], в сравнении с 2018 годом в донных отложениях увеличилось среднее содержание ор-

ганического азота и органического углерода в 1,7 и 1,2 раза соответственно. Отмечено уменьшение содержания легкогидролизуемых углеводов (ЛГУ) в 1,3 раза, трудногидролизуемых углеводов – в 1,2 раза, значения, рассчитанного по отношению ТГУ+ЛГК к общей органике – в 1,1 раза. Среднее содержание серы сульфидной в донных отложениях уменьшилось в 2,9 раза. [3].

По данным Лимнологического института СО РАН [3] содержание общего фосфора на некоторых станциях восточного побережья озера Байкал достигало значений более 100 мкг/дм^3 , характерных для гипертрофных водоёмов. Количество общего фосфора в 100 м от берега во все исследованные сезоны не превышало значений, свойственных для мезотрофных водоёмов (менее 35 мкг/дм^3). При исследовании качества вод Баргузинского и Чивыркуйского заливов выявлено превышение норматива величины рН в 19 из 24 проб воды, взятых в Чивыркуйском заливе, и в 5 пробах из 20 в Баргузинском заливе [3].

Глубокий анализ современного состояния экологической системы озера Байкал дан М. А. Грачевым [10]. Автор, на основании материалов исследований разных ученых, приходит к выводу, что на начало XXI века Байкал сохранился в виде, близком к первозданному. Однако существующие источники угроз его экосистеме и прогноз состояния на ближайшие десятилетия вызывают тревогу.

3.1.6 Гидробиологическая характеристика

Экосистема Байкала сходна с океанскими системами по многим параметрам, но, кроме прочего, и тем, что основной кругооборот вещества и поток энергии проходят в толще вод, а также относительной простотой и невысоким биоразнообразием пелагического сообщества по сравнению с богатейшим, разнообразным и уникальным сообществом бентоса. Общее число видов, обитающих в пелагической части озера сравнительно невелико, что компенсируется их высокими биомассами и значительностью геохимической роли в трансформации энергии и потоках вещества [7].

К настоящему времени довольно подробно исследованы открытые части озера, тогда как литораль и придаточная система Байкала слабо изучены.

По последним данным [11], в Байкале обитает свыше 2565 видов животных и более 1000 видов растений.

Фитопланктон

В пелагиали открытого Байкала зарегистрировано около 200 видов планктонных водорослей [2], в прибрежной зоне их значительно больше (свыше 400) [12]. В разные сезоны года одновременно обычно присутствуют 10–12 видов из них 6–7 видов достигали численности 10 и более тыс. кл./л. Это *Aulacoseira baicalensis* (прежнее название *Melosira baicalensis*), *Stephanodiscus meyerii*, *Synedra acus*, *Aulacoseira skvortzowii* (прежнее название *Melosira islandica*) [2; 7]. По данным 50-летних режимных наблюдений, в Южном Байкале около 10 видов водорослей можно считать маркерами состояния автотрофного звена экосистемы оз. Байкал. Эти водоросли имеют высокую частоту встречаемости, высокое доминирование и играют преобладающую роль в создании первичного органического вещества. Часть из них – эндемики Байкала. В период обратной температурной стратификации, весенней и осенней гомотермии вегетируют эндемичные байкальские диатомеи и динофитовые, в период прямой температурной стратификации – широко распространенные сибирско-европейские виды [2].

В пространственном распределении по вертикали выделяют зону интенсивного фотосинтеза с глубинами до 25–50 м во время стратификации, а во время гомотермии она может достигать глубин 100 м. Эта зона практически совпадает с фотической, в ней круглый год находится и функционирует большая часть фитопланктона. Ниже фитопланктон практически не встречается [7]. Южная котловина, по сравнению со средней и северной, отличается более высокой продуктивностью. Например, в 1964–1974 гг. среднемноголетняя биомасса весеннего фитопланктона составляла в Южном Байкале 1,12 г/м³, в Среднем – 0,62 г/м³, на Северном – 0,36 г/м³ [11].

Биологическая весна на Байкале начинается рано. Уже в марте численность водорослей существенно возрастает, а в апреле отмечается «вспышка» цветения водорослей подо льдом. От вскрытия льда и до конца июня биомасса и разнообразие фитопланктона резко снижаются. В июле – первой декаде августа в планктоне появляются теплолюбивые общесибирские формы. Второй пик массового развития фитопланктона наблюдается во время позднего лета. Осенью (октябрь – ноябрь) и зимой (ноябрь – январь) фитопланктон скуден [7].

В многолетней динамике наблюдается изменение численности основных видов водорослей. На протяжении нескольких десятилетий при сильных колебаниях численности в разные годы, для большинства видов не свойственны направленные достоверные изменения, за исключением двух. Это байкальский эндемичный вид весеннего комплекса *Aulacoseira baicalensis*, численность которого имеет тенденцию снижаться, и представитель летнего комплекса *Ankistrodesmus pseudomirabilis*, численность которого возрастает. С увеличением численности последнего вида и, возможно, некоторых мелко-клеточных и жгутиковых форм скорее всего связано летнее увеличение концентрации хлорофилла «а». Колебания обилия водорослей и преобладание тех или иных из них вызываются естественными причинами – определенными гидрометеорологическими условиями. Можно предположить, что при глобальных изменениях климата доминирующий комплекс водорослей изменится, а трофический статус озера возрастет [2].

В 2019 году в районе КОС г. Байкальска было зафиксировано более 125 таксонов водорослей рангом ниже рода [3]. Численность фитопланктона изменялась от 85,771 до 2780,178 тыс. кл/л, биомасса – от 9,526 до 1615,595 мг/м³. По сравнению с результатами 2018 года, в марте и в июне наблюдалось увеличение численности (в 1,2 и 1,4 раза соответственно) при снижении биомассы (в 1,7 и 8 раз), в августе – снижение численности в 1,2 раза при увеличении биомассы в 3,1 раза.

Структура фитопланктона в течение всего сезона оставалась полидоминантной [3]. В период ледостава по численности лидировала, преимущественно, сборная группа неидентифицированных кокков (7,7 - 59,0 %). Вторые - третьи позиции в доминантной структуре занимали нативные водоросли оз. Байкал: криптофитовая *Rhodomonas pusilla* (Bachmann) Javornicky (до 40,0 %) и мелкоклеточная золистая *Chrysochromulina parva* (до 38,7 %). Субдоминировали более восьми видов водорослей, относящихся к пяти отделам (часто - зелёные, криптофитовые и диатомовые, локально - динофитовые и цианобактерии), а также неопределённые жгутиковые организмы [3].

На протяжении всего сезона в гидробиологических пробах встречали несвойственную озеру Байкал харовую водоросль рода *Spirogyra* Link [3]. В период ледовой съёмки нитчатка была зафиксирована в половине проб зообентоса. В июне водоросль встречалась в третьей части, в августе – в половине зоопланктонных проб, отобранных, преимущественно, в прибрежных водах полигона. Массовые скопления регистрировали возле труб сброса и на станциях, расположенных к востоку – северо-востоку от них, на расстоянии до 2 км от берега [3]. По данным ФГБУ «ГХИ», площадь загрязнения в районе КОС г. Байкальска по состоянию фитопланктона в 2019 году снижалась от 11,6 км² в марте до 7,9 км² в августе. В июне составляла 8,8 км².

В районе Северного Байкала было зарегистрировано свыше 290 таксона водорослей рангом ниже рода [3]. В пробах фиксировалось от 19 до 180 низших таксонов, принадлежащих 7-8 отделам. Диапазон численности фитопланктона в северной части озера Байкал находился в пределах 362,382 - 7368,597 тыс. кл/л, биомассы в пределах 33,885 - 3086,068 мг/м³. По сравнению с данными 2018 года в июне наблюдали уменьшение численности в 1,6 раза, при увеличении биомассы в 1,4 раза, в сентябре средние показатели сократились: численность – в 2,9 раза, биомасса – в 2,3 раза [3].

В июне структуру фитопланктона возглавляли многочисленные представители пяти отделов: золотистые, зелёные, криптофитовые, диатомовые и цианобактерии [3]. Диатомовая *Nitzschia acicularis* W. Sm. лидировала вдоль

западного побережья и на северной оконечности озера. В период осенней съёмки лидирующее место на большинстве станций занимала золистая водоросль *Chrysochromulina parva*, содоминировала криптофитовая *Rhodomonas pusilla*. Харовая водоросль рода *Spirogyra* Link. встречалась в зоопланктонных пробах, отобранных на большинстве прибрежных станций [3].

В районе Селенгинского мелководья [3] в сентябре фитоценоз представляли свыше 185 таксонов рангом ниже рода, относящихся к 7 отделам. В пробах видовое разнообразие находилось в пределах 46 - 96 низших таксонов из 6 - 7 отделов. Амплитуда численности фитопланктона варьировала от 1053,694 до 2254,022 тыс. кл/л, биомассы - от 140,083 до 391,463 мг/м³. По сравнению с результатами 2018 года средние показатели фитопланктона на исследованной акватории увеличились: численность – в 1,8 раза (до 1737,455 тыс. кл/л), биомасса - в 2,6 раза (до 220,782 мг/м³). Полидоминантный комплекс составляли мелкоклеточные виды фитопланктона. Возглавляли сообщество, преимущественно, космополитные зелёные хлорококковые водоросли: *Dictyosphaerium subsolitaria* van Goor (11,0 - 40,9 % от общей численности) и *Raphidocelis sigmoidea* Hind. (8,3 - 37,7 %), разделившие первые-вторые позиции на большей части акватории [3].

Харовая водоросль рода *Spirogyra* Link. зарегистрирована в небольших количествах в пробах зоопланктона, отобранных на половине станций, преимущественно, в юго-западной части Селенгинского мелководья. Наиболее массовое скопление наблюдали напротив пролива Прорва [3].

Зоопланктон

Зоопланктон оз. Байкал представлен 209 видами и подвидами: коловратки – 142, веслоногие – 21, ветвистоусые – 45, бокоплавцы – 1 [2]. Основная часть этих видов населяет прибрежно-соровые участки озера. В открытой глубоководной части озера отмечено 80 видов коловраток, 11 – ветвистоусых рачков, 3 – каланид, 4 – циклопов и один вид амфипод. Среднемноголетние (1984–1993 гг.) значения доли доминирующих видов веслоногих ракообразных в составе зоопланктона составляют для *Epischura baicalensis* (Sars) – 59

% от общей численности зоопланктона и 77 % от общей биомассы, для *Cyclops kolensis* (Lill.) – 7 % и 5 % соответственно [2].

Для Байкала биомассу зоопланктона под 1 м² в слое 0–250 м менее 10 г принято считать низкой, 10–15 г – средней и от 16 до 30 г – высокой [2]. Среднегодовую биомассу зоопланктона в слое 0–250 м для периода с 1981 по 2003 гг. составила 16,4 г/м². *Epischura baicalensis* принадлежит ключевое место в трофической сети пелагиали озера Байкал. Многолетние наблюдения в открытой пелагиали Байкала (1961–1993 гг.) показали, что средняя биомасса *Epischura baicalensis* в начале лета во всем верхнем 50-метровом слое воды изменялась в разные годы от 2 до 11 г/м². В период максимального развития рачков – летом и осенью (сентябрь) – биомасса эпишуры колебалась от 6 до 24 г/м². Самым «богатым» по эпишуре в целом для всего озера за весь период наблюдений можно считать 1967 г. с биомассой эпишуры 24 г/м². «Бедными» годами по развитию эпишуры были 1964, 1982, 1984 и 1990 с биомассой 6,6–7,6 г/м². Остальные годы относятся по биомассе эпишуры к «средним» [2]. Имеется информация о наличии связи численности *Epischura baicalensis* и *Cyclops kolensis* с температурой воды [13, 14].

Значительную роль в зоопланктоне открытой части озера играет *Macrohectopus branickii* (Dyb.), населяющий всю толщу вод озера [15]. *M. branickii* обитает в основном в глубоководной части озера. Наибольшей численности этот вид достигает у мыса Хобой (Средний Байкал) – 6250 экз./м². В Южном и Северном Байкале отмечаются в 2–3 раза меньшие количественные значения [16].

Зоопланктон на литорали испытывает большое влияние впадающих в озеро рек, поэтому в составе отмечено большое количество видов, характерных для зоопланктонного комплекса Сибири.

В 2019 году в районе КОС г. Байкальска [3] показатели общей численности *Epischura baicalensis* Sars, 1900 изменялись в интервале 0,425–72,297 тыс. экз./м³, биомассы – 7,66–1579,85 мг/м³. Общие средние значения численности и биомассы рачка составили 14,520 тыс. экз./м³ и 189,75 мг/м³ соответ-

ственно. По сравнению с результатами 2018 года общие средние количественные показатели увеличились: биомасса - незначительно, численность - в 1,5 раза. По данным ФГБУ «ГХИ», площадь загрязнения по состоянию зоопланктона в 2019 году снижалась от 27,2 км² в период ледостава до 7,2 км² в июне. В августе составляла 22,9 км² [3].

В районе Северного Байкала показатели общей численности зоопланктона изменялись в интервале 2,4 - 54,5 тыс. экз./м³, биомассы – 13,6 - 1373,0 мг/м³ [3]. В зоопланктонном сообществе летом на большинстве станций доминировала по численности группа Calanoida (93,6 %). Среди каланид преобладал веслоногий рачок *Epischura baicalensis* Sars, 1900, достигая 99,8 % от общей численности зоопланктона на реперных станциях. Осенью доминировали таксономические группы каланид (45,2 %) и коловраток (36,0 %). Среди веслоногих преобладал рачок *E. baicalensis*. Общие средние значения численности и биомассы зоопланктона для обследованной акватории летом достигали 23,531 тыс. экз./м³ и 391,93 мг/м³, что в 1,3 и 1,7 раза ниже соответствующих значений 2018 года. К осени средние количественные показатели немного снизились (численность – незначительно, биомасса – в 1,3 раза) и составили 22,775 тыс. экз./м³ и 296,83 мг/м³ соответственно. По сравнению с соответствующими результатами сентября 2018 года общая средняя численность незначительно увеличилась, биомасса – уменьшилась в 1,8 раза [3].

На Селенгинском мелководье в зоопланктонном сообществе содоминировали по численности таксономические группы коловраток (61,5 %) и каланид (31,0 %). Среди каланид преобладал веслоногий рачок *Epischura baicalensis* (Sars, 1900). На исследуемых станциях показатели общей численности изменялись в пределах 6,385 - 47,511 тыс. экз./м³, биомассы – 49,48 - 438,96 мг/м³. Средние значения численности и биомассы для обследуемой акватории составили 24,332 тыс. экз./м³ и 215,15 мг/м³, что ниже значений 2018 года в 1,3 и 3,1 раза соответственно [3].

Зообентос

Зообентос Байкала слагают олигохеты, амфиподы и личинки хирономид (*Chironomidae*), они присутствуют на всех глубинах и имеют наибольшие количественные показатели. На малых глубинах большого обилия достигают также колонии губок и брюхоногие моллюски [2].

Горизонтальное распределение. Озеро традиционно подразделяют на открытый Байкал и прибрежно-соровую зону. В прибрежно-соровой зоне взаимодействуют байкальский и палеарктический комплексы фауны. Из байкальского комплекса здесь обитают наиболее эврибионтные представители, достигающие большого обилия. Биомасса макрозообентоса в различных участках прибрежно-соровой зоны сильно варьирует от 4 до 50–80 г/м² (иногда более 100 г/м²), обычно возрастает к осени и существенно увеличивается в зарослях высших водных растений [2].

В Малом Море жизнью богаты все глубины вплоть до изобаты 200 м. Биомасса зообентоса составляет 31–46 г/м², повышается в южной части пролива (в заливе Мухор) до 60–78 г/м² [2].

Благодаря обильному приносу органических веществ крупнейшим притоком Байкала в придельтовом пространстве р. Селенга, в особенности напротив протоки Харауз, сформировалась зона повышенной биологической продуктивности дна с обширным распространением илов на необычно малых для Байкала глубинах (5–10 м). Средняя биомасса зообентоса «продуктивного пятна» – около 70 г/м², с колебаниями от 30 г/м² на заиленных песках до 120 г/м² и более на чистых илах. Здесь же на глубине 13 м зарегистрирована самая высокая для Байкала биомасса зообентоса на мягких грунтах – 518 г/м² [2].

Помимо приустьевых участков, одними из наиболее богатых макрозообентосом в Байкале являются участки дна возле бухты Песчаной (биомасса 51,4 г/м², численность 4808 экз./м²) и пролива Ольхонские Ворота (биомасса 20,1 г/м², численность 2436 экз./ м²). К наименее продуктивным относятся

участки северной части Байкала (биомасса до 10 г/м², численность до 1 тыс. экз./м²) [2].

Подъем уровня воды Байкала после строительства Иркутской ГЭС привел в ряде участков прибрежно-соровой зоны (Посольский сор, оз. Загли-Нур и др.) к снижению биомассы и продукции зообентоса и к увеличению в его составе доли коренных байкальских видов [2].

Вертикальное распределение. Общая биомасса у уреза воды сильно зависит от сезона и погодных условий и колеблется на глубинах 0–2 м от 2 до 57 г/м²; в диапазоне 2–5 м размах колебаний сглажен – от 57 до 82 г/м² [2]. Глубже (5–15 м) резко увеличивается видовое разнообразие бентосных животных, на каменистых грунтах в массе формируются колонии губок; общая биомасса макрозообентоса возрастает до 60–115 г/м². В сублиторальной зоне (20–70 м) [2] таксономическое разнообразие беспозвоночных, как и в нижнем отделе литорали, наивысшее, биомасса снижается и колеблется в пределах 5–30 г/м²; из рыхлых грунтов наиболее бедно населены чистые пески, наиболее богато – заиленные с примесью детрита. Средняя биомасса в супраабиссали (70–250 м) составляет около 10–15 г/м², в абиссали (более 250 м) обычно около 1 г/м², при этом локальные эпизодические повышения могут достигать 15–50 г/м². Для северной котловины Байкала обилие макрозообентоса по всем зонам глубин ниже, чем в средней и южной [2].

По данным, приведенным в Государственном докладе «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2019 г.» [3], в районе воздействия сточных вод (КОС) г. Байкальска в 2019 году в пробах обнаружено 9 таксономических групп беспозвоночных. Диапазон колебаний общих значений численности и биомассы составил 720 – 146340 экз./м² и 0,02 - 94,16 г/м². Доминирующее положение на контролируемом участке принадлежало олигохетам – 70,4 % численности и 65,3 % биомассы и нематодам - 21,8 % численности. Биомассу дополняли амфиподы – 27,4 %. По сравнению с количественными показателями в марте 2018 года, средняя численность (10831 экз./м²) увеличилась в 1,7 раза, биомасса (9,63 г/м²) – в 4,4 раза.

На фоновом участке было определено шесть групп беспозвоночных [3]. Диапазон колебаний количественных показателей составил 760 - 6520 экз./м² и 0,10 - 9,72 г/м² соответственно. Основу общей численности определяли олигохеты, нематоды и амфиподы, их относительные доли составляли 41,4 %, 37,6 % и 9,2 % соответственно. При формировании биомассы олигохетам принадлежало 43,3 %, гаммаридам - 35,8 % моллюскам – 19,8 %. По сравнению с количественными показателями в марте 2018 года, средняя численность (4160 экз./м²) снизилась в 1,5 раза; биомасса (4,28 г/м²) увеличилась в 2,8 раза [3].

В районе Северного Байкала [3] значения численности и биомассы организмов варьировали в пределах 476–59416 экз./м² и 0,36–97,62 г/м². Средние численность (18197 экз./м²) и биомасса (28,11 экз./м²) зообентоса в зоне литораль – сублитораль (19 - 60 м) в 2,1 и 2,4 раза соответственно выше, чем в глубоководной зоне (105 - 200 м). По сравнению с данными за сентябрь прошлого года количественные показатели изменились незначительно. В зоне мелководья численность осталась на уровне прошлого года, биомасса возросла в 1,4 раза. В глубоководной зоне произошло повышение численности в 1,2 раза, биомасса практически не изменилась [3].

В зоне влияния трассы БАМ отмечено 9 таксономических групп беспозвоночных. На обследованной акватории олигохеты практически полностью формировали сообщество макрозообентоса. На мелководье им принадлежало 86,0 % численности и 90,1 % биомассы. В глубоководной зоне – 91,4 и 89,8 % соответственно. Роль остальных зообентонтов в построении сообщества незначительна [3].

В районе Селенгинского мелководья [3] значения численности и биомассы организмов изменялась в диапазоне от 1806 экз./м² (в юго-западной части мелководья, напротив протоки Промой, на глубине 57 м) до 67214 экз./м² (в районе устья протоки Кривая, напротив м. Средний, на глубине 28 м). По сравнению с данными 2018 года, средняя численность (27297 экз./м²) увеличилась в 1,6 раза, биомасса (31,35 г/м²) - в 2,5. Основная численность

бентоценоза распределилась между тремя группами организмов. В целом олигохетам принадлежало – 76,5 %, нематодам – 12,7 %, амфиподам – 7,2 %. Ядро биомассы составили олигохеты – 85,7 % и амфиподы – 13,2 % [3].

По данным Лимнологического института СО РАН за 2019 г. [3] экологический кризис в прибрежной зоне озера Байкал продолжает развиваться что выражается в активном освоении мелководья озера чужеродными общесибирскими видами растений и животных. Наиболее массово развивается один морфовид спирогир из 15 обнаруженных. Выявлено доминирование в планктоне фитофлагеллят – показателай органического загрязнения воды. Максимальные их количества найдены в воде рек, подвергающихся существенной антропогенной нагрузке. За шестилетний период регулярных исследований участка побережья, расположенного напротив пос. Заречный (микрорайон г. Северобайкальска), по нарастающей диагностируются массовые выбросы на берег байкальских животных (в том числе эндемичных): моллюсков-гастропод, гигантских донных амфипод-акантогаммарусов и пелагических макрогектопусов. Летом 2019 года к этому списку добавились байкальские бычки [3].

3.2 Общая характеристика рек – притоков Байкала

Воспроизводство байкальского омуля проходит в реках-притоках Байкала. Нерестовые миграции и непосредственно нерест омуля проходит в основном в сентябре-октябре.

Основной объем речного стока в Байкал формируется в буферной экологической зоне (БЭЗ) Байкальской природной территории (БПТ), где находятся основные площади водосборных бассейнов четырех крупнейших рек-притоков Байкала (Селенга, Верхняя Ангара, Баргузин и Турка), и в Монголии (Селенга). Водосборные бассейны всех остальных притоков Байкала находятся в центральной экологической зоне (ЦЭЗ).

Среднегодовой объем речного стока в Байкал со стороны Бурятии составляет 55,1 км³ (91,8 % байкальского стока), в т.ч. местного стока – 32,4

км³, транзитного (из Забайкальского края и Монголии) – 22,7 км³. Со стороны Иркутской области речной сток в Байкал формируется полностью в пределах ЦЭЗ и составляет 2,67 км³.

Ниже представлены основные выводы с оценкой качества вод рек бассейна Байкала по данным Государственного доклада «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2019 г [3].

Река Селенга.

В пограничном створе Наушки количество загрязняющих веществ, по которым в течение года регистрировались случаи превышения ПДК, составило 5 из 14 учитываемых при расчёте УКИЗВ. Максимальное содержание загрязняющих веществ составило: меди – 2,1 мкг/дм³ (2,1 ПДК), цинка – 21,0 мкг/дм³ (2,1 ПДК), ХПК – 76,4 мг/дм³ (5,1 ПДК), нефтепродуктов – 0,09 мг/дм³ (1,8 ПДК), летучих фенолов - 0,002 мг/дм³ (2 ПДК). В 2019 году качество вод у п. Наушки характеризовалось как «загрязнённая», 3 «а» класса [3].

В створе у с. Новоселенгинск максимальные концентрации составили: меди – 6,90 мкг/дм³ (6,9 ПДК), БПК5 – 2,70 мг/дм³ (1,4 ПДК), цинка – 18,9 мкг/дм³ (1,9 ПДК), летучих фенолов – 0,002 мг/дм³ (2 ПДК), ХПК – 17,7 мг/дм³ (1,2 ПДК), железа общего – 0,15 мг/дм³ (1,5 ПДК), нефтепродуктов – 0,07 мг/дм³ (1,4 ПДК). В 2019 году, также как и в 2018 году, качество вод у с. Новоселенгинск характеризуется как «загрязнённая», 3 «а» класса [3].

В районе г. Улан-Удэ превышение ПДК наблюдалось по 8 показателям в фоновом и контрольном створах и 10 показателям у рзд. Мостовой из 17 учитываемых [3]. Основными, загрязняющими воду реки веществами, являются: марганец, медь, цинк, железо общее, органические вещества (ХПК, БПК5), летучие фенолы и нефтепродукты. В фоновом створе максимальные концентрации загрязняющих веществ составили: марганца – 84 мкг/дм³ (8,4 ПДК), меди – 3,0 мкг/дм³ (3,0 ПДК), цинка – 19,1 мкг/дм³ (1,9 ПДК), ХПК – 24,0 мг/дм³ (1,6 ПДК), БПК5 – 2,23 мг/дм³ (1,1 ПДК), летучих фенолов – 0,002 мг/дм³ (2 ПДК), нефтепродуктов – 0,09 мг/дм³ (1,8 ПДК). В 2019 году в контрольном створе наблюдался 1 случай экстремально высокого уровня загрязнения (ЭВЗ)

по марганцу, содержание которого составило 659 мкг/дм^3 (65,9 ПДК). У рзд. Мостовой максимальные концентрации: марганца – 109 мкг/дм^3 (10,9 ПДК), меди – $3,9 \text{ мкг/дм}^3$ (3,9 ПДК), цинка – $19,8 \text{ мкг/дм}^3$ (2 ПДК), общего железа – $0,14 \text{ мг/дм}^3$ (1,4 ПДК), ХПК – $19,0 \text{ мг/дм}^3$ (1,3 ПДК), БПК5 – $2,40 \text{ мг/дм}^3$ (1,2 ПДК), летучих фенолов – $0,002 \text{ мг/дм}^3$ (2 ПДК), нефтепродуктов – $0,08 \text{ мг/дм}^3$ (1,6 ПДК). Отмечался единичный случай загрязнения воды азотом нитритов – $0,051 \text{ мг/дм}^3$ (2,6 ПДК), алюминием – 60 мкг/дм^3 (1,5 ПДК) [3].

На качество воды реки Селенги оказывают влияние левобережные и правобережные очистные сооружения г. Улан-Удэ. Качество воды во всех створах сохранилось на уровне предыдущего года и характеризуется как «загрязнённая» 3 «а» класса, у рзд. Мостовой вода очень загрязнённая, 3 «б» класса [3].

В створе у с. Кабанск количество загрязняющих веществ, по которым в течение года регистрировались случаи превышения ПДК в фоновом и створе водпоста составили – 7, в контрольном – 8 из 13 учитываемых. В целом по створам характерная загрязнённость воды низкого уровня отмечалась по содержанию железа общего, меди и цинка; устойчивая – по органическим веществам (по БПК5); неустойчивая – по органическим веществам (по ХПК), летучим фенолам и нефтепродуктам. Качество воды в контрольном створе характеризуется как «очень загрязнённая» 3 «б» класса [3].

В устье р. Селенга (с. Мурзино) загрязнённость воды реки по содержанию марганца, железа общего, меди, цинка, летучих фенолов определена как характерная; органических веществ (по БПК5) – устойчивая; органических веществ (ХПК) и алюминия – неустойчивая. Максимальные концентрации загрязняющих веществ достигали: марганца – 101 мкг/дм^3 (10,1 ПДК), железа общего – $0,31 \text{ мг/дм}^3$ (3,1 ПДК), меди – $2,7 \text{ мкг/дм}^3$ (2,7 ПДК), цинка – $20,1 \text{ мкг/дм}^3$ (2,0 ПДК), летучих фенолов – $0,002 \text{ мг/дм}^3$ (2 ПДК), БПК5 – $2,85 \text{ мг/дм}^3$ (1,4 ПДК), ХПК – $20,9 \text{ мг/дм}^3$ (1,4 ПДК), алюминию – $89,0 \text{ мкг/дм}^3$ (2,2 ПДК). Качество воды сохранилось на уровне предыдущего года и характеризуется как «загрязнённая», 3 «б» класса [3].

Река Баргузин. У с. Могойто отмечена характерная загрязнённость воды медью и цинком. По меди уровень загрязнения средний, по цинку – низкий. Загрязнённость воды реки железом общим характеризуется как устойчивая; органическими веществами (по ХПК), летучими фенолами и нефтепродуктами – неустойчивая низкого уровня. У п. Баргузин наблюдалась характерная загрязнённость воды железом общим, медью и цинком. Уровень загрязнения железом общим и медью средний; цинком – низкий. Загрязнённость воды летучими фенолами, нефтепродуктами – устойчивая, органическими веществами (по ХПК) – неустойчивая низкого уровня. У п. Усть-Баргузин отмечалась характерная загрязнённость воды медью, железом общим, цинком и летучими фенолами; устойчивая – нефтепродуктами; неустойчивая низкого уровня – органическими веществами (по ХПК). В 2019 году качество воды у п. Усть-Баргузин оценивалась как загрязнённая, 3 «а» класса, у п. Баргузин – как «очень загрязнённая», 3 «б» класса [3].

Река Турка. В течение 2019 года из 13 учитываемых при расчёте качества воды, по 7 ингредиентам отмечено превышение ПДК. Загрязнённость воды железом общим, медью и цинком определена как характерная; органическими веществами (по БПК₅) и летучими фенолами – устойчивая; органическими веществами (по ХПК) и нефтепродуктами – неустойчивая низкого уровня. В 2019 году, также как и в 2018 году, воды р. Турки характеризуются как «загрязнённые», 3 «а» класса [3].

Река Верхняя Ангара. У с. Уоян наблюдалась характерная загрязнённость воды железом общим, цинком и нефтепродуктами; устойчивая загрязнённость – органическими веществами (по ХПК). У с. Верхняя Заимка загрязнённость воды реки железом общим, цинком отмечена как характерная; медью, органическими веществами (по ХПК), летучими фенолами и нефтепродуктами – неустойчивая. В районе с. Уоян характеризуется как «слабо загрязнённая», 2 класса; у с. Верхняя Заимка – как «загрязнённая», 3 «а» класса [3].

Река Тья. Превышение ПДК в фоновом створе отмечено по 5 ингредиентам, в контрольном створе по 6 из 13 учитываемых при расчёте качества во-

ды (в 2018 г – по 3). В фоновом створе загрязнённость воды реки оценивается как неустойчивая низкого уровня. В контрольном створе загрязнённость воды реки по содержанию органических веществ (по ХПК), железа общего, меди, цинка, летучих фенолов оценивается как неустойчивая; нефтепродуктов – устойчивая низкого уровня. В 2019 году воды в фоновом и в контрольном створах характеризуются как «слабо загрязнённые» 2 класса [3].

Река Холодная. Превышение ПДК, регистрировалось по 5 ингредиентам химического состава воды (в 2018 г. по 2). Наблюдалась неустойчивая загрязнённость воды органическими веществами (по БПК₅), железом общим, летучими фенолами, нефтепродуктами; устойчивая низкого уровня – цинком. В 2019 году воды реки характеризуются как «слабо загрязнённые», 2 класса [3].

По данным Байкальского института природопользования СО РАН [3] в 2019 году качество вод р. Селенга и притоков до г. Улан-Удэ по химическим показателям в основном соответствовало 2-3 классу – чистые или удовлетворительной чистоты. В реках Уда и Селенга ниже г. Улан-Удэ по таким компонентам, как фосфаты, общий фосфор класс качества воды снижается до 4 класса (загрязненная), что связано с поступлением в русло рек сточных вод [3].

3.3 Водные биоресурсы, для которых разрабатывается ОДУ

3.3.1 Омуль байкальский (*Coregonus migratorius*, Georgi, 1775)

Байкальский омуль относится к озерно-речным проходным сиговым, нагуливается в оз. Байкал, на нерест идет во впадающие в него реки. Летом омуль держится в поверхностных слоях воды, причем достаточно выражены так называемые «привалы» омуля в прибрежную зону озера с глубинами до 50 м. Зимой опускается на глубины до 300 м. Воспроизводство омуля происходит, в основном, в реках Верхняя Ангара, Селенга, Баргузин, речках Посольского сора. Время нереста – октябрь-ноябрь. Икра откладывается на песчано-галечных грунтах. Выклев личинок происходит в апреле-мае, молодь скатывается в прибрежно-соровую систему озера, а затем, через некоторое время, выходит в открытый Байкал.

В настоящее время общепризнанно наличие внутривидовой дифференциации байкальского омуля. Байкальский омуль представлен тремя морфо-экологическими группами (МЭГ): пелагической, придонно-глубоководной, прибрежной [17, 18, 19, 20, 21], разделение которых обусловлено геологическими процессами возникновения Байкала, приведшими к возможности освоения омулем кормовой базы пелагиали открытого Байкала, батинальной части, а также прибрежной отмели в пределах свала глубин. Дивергентная эволюция байкальского омуля шла как по линии наиболее полного использования кормовой базы озера, так и с учетом условий размножения в притоках оз. Байкал.

Анализ доступного информационного обеспечения

В основе расчётов лежат фондовые материалы Байкальского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («БайкалНИРО») по состоянию запасов омуля, начиная с 1938 г., состоящие из данных ихтиологических исследований, статистики уловов рыбы (Ангаро-Байкальское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству), а также данных о деятельности рыбоводных заводов (Большереченского, Селенгинского, Баргузинского) по искусственному воспроизводству байкальского омуля.

В 2020 г. продолжал действовать запрет на промысловый вылов байкальского омуля, введённый 1 октября 2017 г. (приказ Минсельхоза от 29.08.2017 г. № 450 «О внесении изменений в правила рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна»). Соответственно, в период с 2018 по 2020 гг. отсутствовал сбор материалов из промысловых орудий лова, за исключением ихтиологического контроля над ведением лова в режиме традиционного природопользования коренными малочисленными народами Севера (КМНС) и ловами контрольными научными сетепорядками с шагом ячеи, соответствующим промысловым орудиям лова. В 2019-2020 гг. дополнительно проводились контрольные притонения промысловым закидным неводом.

Сбор ихтиологических материалов на Байкале проводился по всей акватории озера в пределах основных мест нагула, а также на основных реках, впадающих в Байкал (учет численности заходящих производителей и скатывающихся личинок омуля).

В 2020 г. промерено 27,0 тыс. особей омуля, взято на биологический анализ (с определением возраста) 6,6 тыс. экз. (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Объем собранного материала, привлекаемого для анализа состояния запасов омуля оз. Байкал, экз.

годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ПБА	6225	5463	5642	4706	4220	3563	5340	4972	3611	6634
МП	70431	47129	63304	31315	22088	19586	21168	13301	19794	27061

Сбор ихтиологических материалов из промысловых орудий лова (до 2018 г.) включал в себя: массовые промеры и проведение биологического анализа. Собранный материал отражает соотношение экологических групп байкальского омуля, размерно-возрастную структуру рыб во всех промысловых районах во всех типах применяющихся орудий лова. Промысловые орудия лова, которыми осуществляется добыча омуля, представлены сетями (ячей 28-40 мм), ставными неводами (ячей в ловушке 22-32 мм), закидными неводами (ячей в кутке 28-32 мм). В 2018 - 2020 гг. данный режим ихтиологических наблюдений соблюдался только для орудий лова, применяемых КМНС (сети ячейей 30-32 мм).

Дополнительным источником информации по структурно-биологическим показателям нагульного и нерестовых стад омуля служили: стандартные научно-исследовательские сетепостановки сетями с шагом ячей 14-45 мм, контрольные сетепостановки в местах лова и с шагом ячей, соответствующим таковому в сетях, используемых как при ведении ранее промыслового лова, так и при ведении неучтенного вылова омуля; данные учетных работ по заходу производителей омуля в рр. Селенга, В. Ангара, Баргу-

зин, Кичера, по скату личинок омуля в рр. Селенга, В. Ангара, объемы заготовок производителей в рыбоводных целях и количество выпускаемой рыбоводной продукции (личинки омуля).

Таким образом, в период моратория на промышленный вылов байкальского омуля информация из основного источника ихтиологических материалов – промысловых уловов – отсутствует, если не считать таковыми данные массовых промеров при контрольных притонениях (научный лов) промыслового закидного невода на трех рыбопромысловых участках. При этом большая часть уловов, после взятия пробы, выпускалась обратно в водоем в живом виде, поэтому общая величина улова за притонение не определялась. Данные, полученные в ходе контрольных научных сетепостановок в промысловых районах не репрезентативны, поскольку большую часть уловов выедает байкальская нерпа, вследствие чего величина уловов сильно занижается. В этой связи промысловая информация, используемая при ретроспективном анализе состояния запаса байкальского омуля, ограничивается 2017 г.

Биопромысловые данные включали в себя следующую информацию для каждой МЭГ:

- статистику годовых уловов (включая экспертную оценку величины неучтенного вылова);
- оценки уловов на единицу промыслового усилия (среднегодовой вылов на сетевой порядок длиной 2,0 км);
- возрастной состав уловов в процентном выражении;
- среднюю массу особей по возрастным группам и годам промысла;
- оценки мгновенного коэффициента естественной смертности по возрастным группам;
- среднегодовые оценки темпа созревания рыб по возрастным группам.

За исследовательский период (1995-2017 гг.) наибольшую долю в общих уловах составила прибрежная МЭГ, за исключением 2016 и 2017 гг. Особи придонно-глубоководной МЭГ встречались в уловах меньше остальных.

ных МЭГ. Доля пелагической МЭГ занимает промежуточное положение в общих уловах (рисунок 3.1).

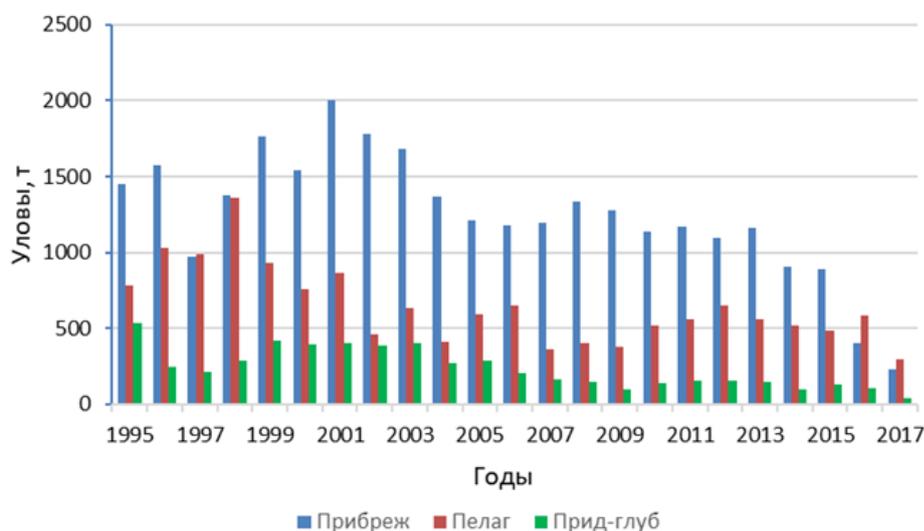


Рисунок 3.1 – Динамика промысловых уловов трёх морфо-экологических групп байкальского омуля (т)

Дестабилизирующим фактором в нормативно выполняемом режиме промысла омуля выступает неучтенный вылов. Его величина определяется сотрудниками, осуществляющими сбор материала для оценки структурно-биологических показателей омуля по каждому промысловому району Байкала, и основана на визуальных наблюдениях по соотношению сданной и не сданной рыбы на рыбоприемные пункты (экспертная оценка), количеству моторных лодок у местных жителей, опросу населения по интенсивности лова в браконьерские орудия лова, а также собственным данным по вылову рыбы контрольными орудиями лова;

Высокие величины неучтенного вылова за последнее десятилетие наблюдались в 2012-2015 гг. по причине снижения эффективности охраны. В 2017-2020 гг. из-за введения достаточно жестких решений по снижению промысловой нагрузки официальный вылов омуля по объективным причинам (снижение интенсивности лова на общем фоне уменьшения запасов) существенно снизился, а объем неучтенного вылова остался на уровне 250-350 т (рисунок 3.2).

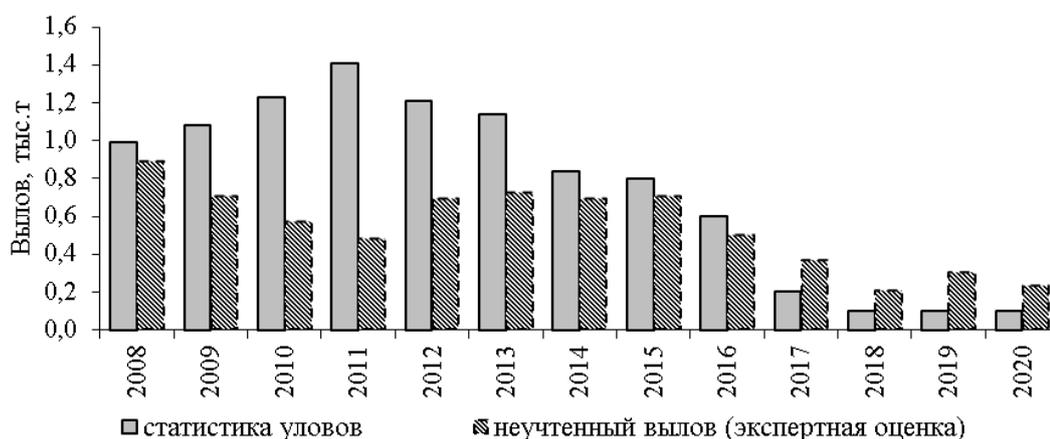


Рисунок 3.2 – Соотношение уловов омуля по статистическим данным и неучтенного вылова

В 2020 г. добыто по официальным данным 135,5 т омуля (в 2019 г. – 125 т), в том числе на воспроизводство – 75,3 т, КМНС – 52 т, НИР – 8,2 т.

Из официально добытых 135,5 т омуля, непосредственно в Байкале поймано 56,6 т (в 2019 г. – 55,7 т) и в реках 78,9 т (в 2019 г. – 69,5 т).

Первичная информация об уловах на усилие (CPUE) была общей для всех трех морфо-экологических групп байкальского омуля и выражена в т/сетепорядок. Индексы численности для каждой МЭГ рассчитаны в том же соотношении, как и доли уловов каждой МЭГ в общих уловах, и переведены в тыс. экз./сетепорядок. Динамика CPUE представлена на рисунке 3.3.

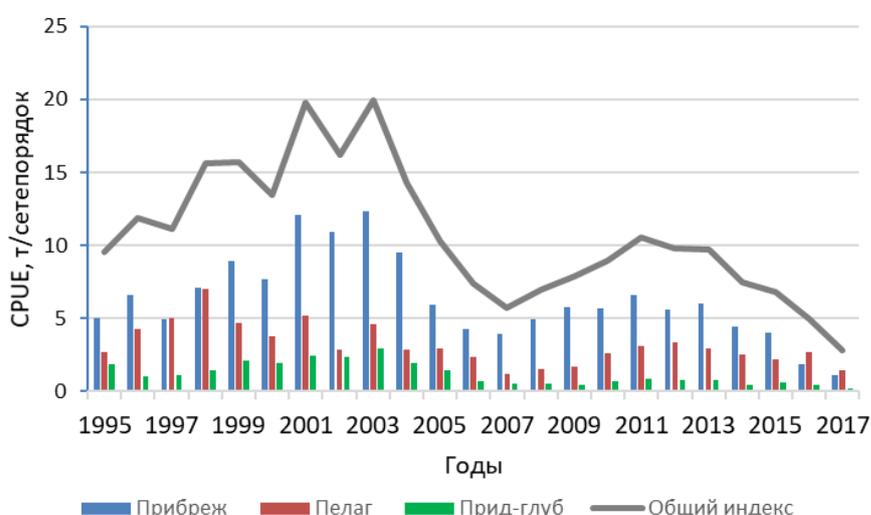


Рисунок 3.3 – Уловы на единицу промыслового усилия (CPUE) байкальского омуля трёх МЭГ (т/сетепорядок)

При выполнении расчётов приняты допущения о постоянстве темпа созревания байкальского омуля (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Оживы созревания байкальского омуля трёх МЭГ (общие для самцов и самок)

Для омуля, как и для многих других сиговых, характерна растянутость наступления половой зрелости. Срок вступления в нерестовое стадо рыб одного поколения охватывает несколько лет: в среднем до 3-4 лет у прибрежного и до 5-6 у придонно-глубоководного. Так, у последнего встречаются неполовозрелые особи в возрасте до 16 лет. В этой группе, характеризующейся самым поздним и неравномерным созреванием, более 75 % особей созревает в возрасте 9 лет. Такая особенность обусловлена обитанием рыб данного морфотипа преимущественно в зоне больших глубин с пониженной температурой воды. Наиболее раннее наступление половой зрелости свойственно омулю прибрежной группы – с 4-6 лет; 75 % особей созревают в возрасте 6 лет, а с возраста 9-10 лет все рыбы становятся зрелыми. Омули пелагической группы по характеру созревания занимают промежуточное положение; самцы омуля всех морфотипов, как правило, созревают на год раньше, чем самки. Более 75 % особей созревают в возрасте 8 лет.

Нагульное стадо байкальского омуля сформировано преимущественно неполовозрелой молодью, на долю половозрелых рыб приходится до 5,3 %, в том числе 3,8 % составляют готовые к нересту особи и около 1,5 % – рыбы, пропускающие нерест.

При анализе материалов наблюдений за последние два десятилетия отмечается относительная устойчивость размерно-возрастных параметров наступления половой зрелости при некоторых их колебаниях в отдельные годы, что можно связать с определенной стабилизацией биопродукционных процессов в Байкале.

Мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастам, используемые и в ретроспективном анализе, и при прогнозировании состояния морфо-экологических групп омуля, определены по данным 1969-1975 гг. в период первого запрета на вылов омуля (таблица 3.3). В расчётах также принято допущение о постоянстве коэффициентов.

Таблица 3.3 – Мгновенные коэффициенты естественной смертности байкальского омуля

МЭГ	Возраст													
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+
Прибрежная	0,42	0,30	0,24	0,21	0,21	0,24	0,29	0,34	0,45	0,56	0,71	-	-	-
Пелагическая	0,40	0,30	0,24	0,21	0,21	0,22	0,25	0,29	0,33	0,40	0,53	-	-	-
Придонно-глубоководная	-	-	-	0,25	0,24	0,23	0,23	0,23	0,24	0,26	0,30	0,36	0,47	0,74

Обоснование выбора методов оценки запаса

До 2018 г. информационное обеспечение запасов байкальского омуля соответствовало 1-му уровню (в соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 «О представлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы ...»). Поскольку с 1 октября 2017 г. введён мораторий на вылов байкальского омуля, с 2018 г. информация из основного источника ихтиологических материалов, а именно величина промысловых уловов и ин-

декс численности запаса, используемых в расчётах по когортным моделям, отсутствует. Достоверных данных по научным съёмкам также не имеется. В этой связи существует формальная необходимость снижения уровня информационного обеспечения запаса до третьего. Однако, принимая во внимание тот факт, что методы оценки запасов, относящиеся к третьему уровню, сильно упрощены и включают в себя множество поверхностных предположений о популяционных свойствах анализируемого объекта, использование «немодельных» методов в данном случае не целесообразно. Поэтому анализ современного состояния запаса байкальского омуля основан на ретроспективном анализе динамики численности до 2017 г. включительно и прогнозе состояния запаса с 2018 г. по 2022 г.

Имеющаяся информационная база до 2018 г. обеспечивает возможность применения для ретроспективного анализа состояния запаса омуля когортных моделей, позволяющих детально анализировать динамику запасов на уровне отдельных поколений (когорт) [22]. В расчётах использована когортная модель TISVPA [23], являющаяся одной из разновидностей виртуального популяционного анализа и рекомендованная членами Межинститутской рабочей группы по оценке сырьевой базы рыболовства, а также неоднократно используемая экспертами Международного совета по исследованию моря (ИКЕС). Особенностью модели является целенаправленное использование принципов робастной статистики в процедурах оценивания параметров, что позволяет снизить влияние ошибок в данных на результаты анализа и полнее извлекать имеющуюся в них информацию о системе «запас–промысел». Расчёты выполнены в одноимённом программном комплексе (ПК) TISVPA [23]. Данный ПК входит в рекомендуемый перечень современного программно-методического инструментария для оценки запасов водных биоресурсов [24].

Научно доказано, что байкальский омуль имеет сложную внутривидовую структуру, состоящую из нескольких популяций и трёх морфо-экологических групп (МЭГ): прибрежной, пелагической и придонно-

глубоководной. Особи трёх МЭГ освоили разные участки озера Байкал, вследствие чего имеют различные биологические характеристики. В этой связи оценка запаса байкальского омуля основана на количественном анализе состояния трёх МЭГ.

Для ретроспективного анализа состояния пелагической МЭГ использовался вариант модели TISVPA, при котором параметры оценивались путём суммирования остатков в сепарабельном представлении промысловой смертности, равном нулю для каждой возрастной группы и для каждого года. Кроме того, допускалось наличие ошибок в данных, как по возрастному составу уловов, так и в описании устойчивости селективных свойств промысла. Основными источниками информации о состоянии запаса являлись два массива данных: данные по возрастному составу уловов и данные по уловам на усилие. Целевая функция формировалась в виде взвешенной суммы этих двух компонент. В качестве меры близости модельного описания имеющихся данных по возрастному составу уловов выбрано абсолютное медианное отклонение распределения остатков от их медианного значения. Для индексов численности запаса с возрастной структурой в качестве меры близости модельного описания данных использовалась сумма квадратов логарифмических остатков.

Для прибрежной МЭГ в ПК TISVPA использовался тот же метод оценки параметров, как и для пелагической МЭГ. В расчётах также допускалось наличие ошибок в данных, описывающих устойчивость селективных свойств промысла. Видом компонент целевой функции модели для возрастного состава уловов послужила сумма квадратов логарифмических остатков; для данных по уловам на единицу усилия – медиана распределения абсолютных отклонений от их медианного значения. Целевая функция формировалась также в виде взвешенной суммы двух компонент: данных по возрастному составу уловов и данных по уловам на усилие.

В ПК TISVPA для придонно-глубоководной МЭГ использовалась версия модели с двухпараметрической аппроксимацией коэффициентов эксплу-

атации. В качестве метода оценки параметров выбрано обеспечение несмещенности оценок логарифмов численности уловов. Видом компонент целевой функции модели для возрастного состава уловов послужила минимизированная медиана распределения квадратов логарифмических остатков; для данных по уловам на единицу усилия – сумма квадратов логарифмических остатков. Целевая функция формировалась в виде взвешенной суммы описанных выше двух компонент. В расчетах выбран вариант модели, при котором допускалось наличие ошибок в данных, как по возрастному составу уловов, так и в описании устойчивости селективных свойств промысла.

Прогноз динамики численности каждой МЭГ выполнен с помощью уравнения Баранова [25]:

$$N_{x+1,t+1} = N_{x,t} e^{-(F_{x,t}+M)} \quad (1)$$

где: $N_{x+1,t+1}, N_{x,t}$ - начальная численность возрастной группы t в году x , и в следующем $x+1$ году, когда возраст рыбы увеличится на единицу;

$F_{x,t}, M_{x,t}$ - мгновенные коэффициенты промысловой и естественной смертности возрастной группы t в году x .

При прогнозировании оценки мгновенного коэффициента естественной смертности, темпа полового созревания и массы особей приняты такими же, как и при ретроспективном анализе состояния каждой МЭГ. Величина пополнения рассчитана как среднее за последние 10 лет промысла (2008-2017 гг.). Возраст пополнения: для прибрежной и пелагической МЭГ – 2 года, для придонно-глубоководной – 5 лет.

Поскольку рыбоохранные мероприятия на озере Байкал с введением моратория усилились, но в то же время полное прекращение вылова омуля

невозможно из-за социально-экономических факторов, при прогнозе сделано предположение, что незаконный, несообщаемый и нерегулируемый (ННН) промысел продолжится в среднем объеме. Основанием для этого послужила информация из литературных источников о зарегистрированных случаях нелегального вылова в период запрета на вылов [26, 27].

При прогнозировании состояния каждой МЭГ величина ННН вылова принята равной его средней доле в общих уловах за последние 10 лет промысла, т.е. 38 % от общего вылова рыб (официального и ННН) для прибрежной МЭГ, 57 % – для пелагической и 33 % – для придонно-глубоководной МЭГ.

Таким образом, мгновенный коэффициент промысловой смертности для прогноза состояния каждой МЭГ задан как:

$$F_{\text{ННН}} = \overline{F_{\text{bar}}} \times k, \text{ где} \quad (2)$$

$F_{\text{ННН}}$ – мгновенный коэффициент промысловой смертности, соответствующий ННН вылову;

$\overline{F_{\text{bar}}}$ – усредненный мгновенный коэффициент промысловой смертности основных возрастных групп, встречающихся в уловах за последние 10 лет промысла;

k – коэффициент, соответствующий средней доле ННН промысла в общих уловах за последние 10 лет (0,38 для прибрежной МЭГ; 0,57 для пелагической МЭГ и 0,33 для придонно-глубоководной МЭГ).

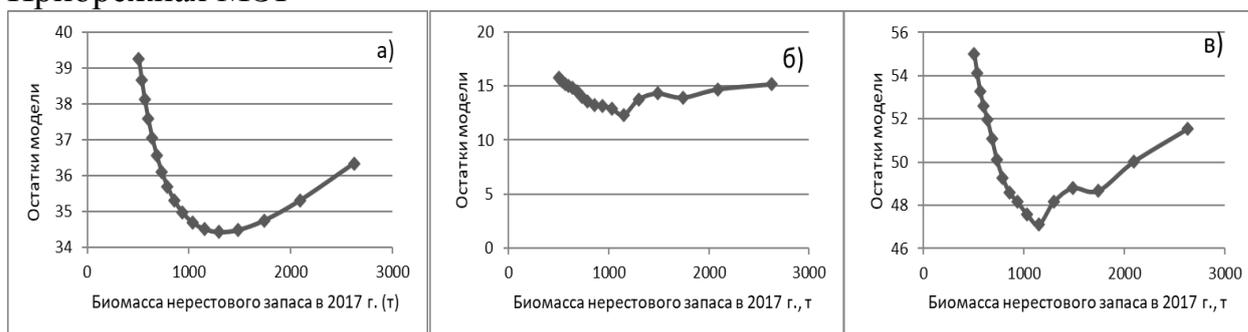
Значение $F_{\text{ННН}}$ для прибрежной МЭГ составило 0,20, для пелагической – 0,33, а для придонно-глубоководной – 0,15.

3.1 Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

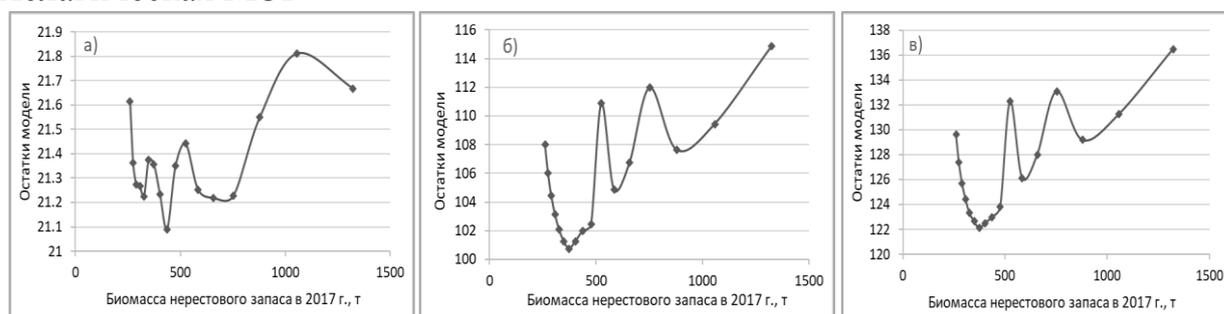
Анализ компонентов целевой функции модели для каждой из трех морфо-экологических групп показал наличие уверенных сигналов о биомассе нерестового запаса (SSB) в терминальный год как от данных по возрастному

составу уловов, так и от данных по CPUE. Это послужило основанием продолжить расчёты с выбранными настройками в ПК TISVPA. Тем не менее, следует отметить наличие локальных минимумов в графиках для пелагической МЭГ, что свидетельствует о наличии небольших искажений в исходных данных. Профили компонент целевой функции модели, построенные относительно величины биомассы нерестового запаса в 2017 г., представлены на рисунке 3.5.

Прибрежная МЭГ



Пелагическая МЭГ



Придонно-глубоководная МЭГ

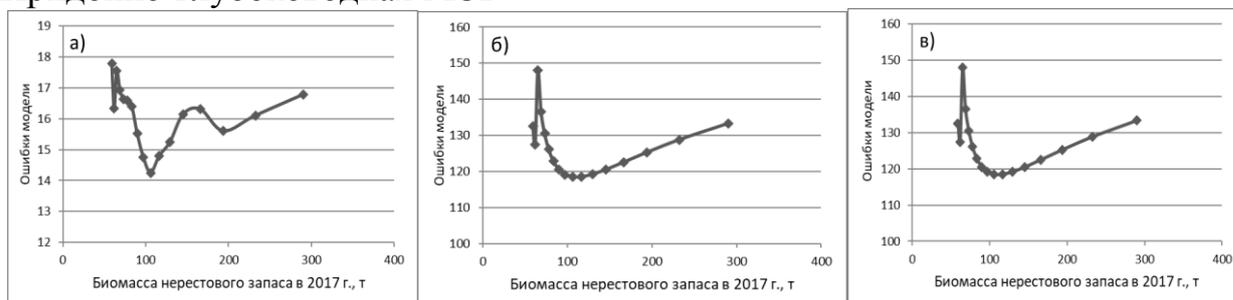
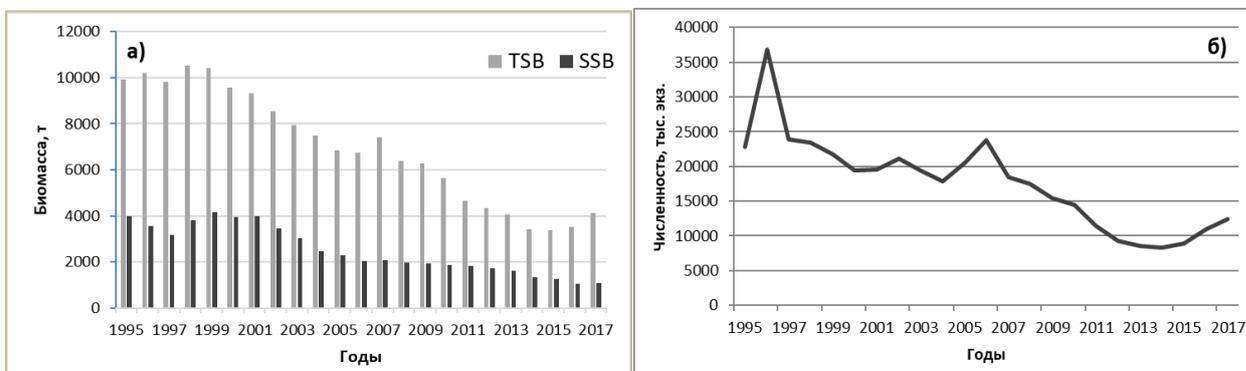


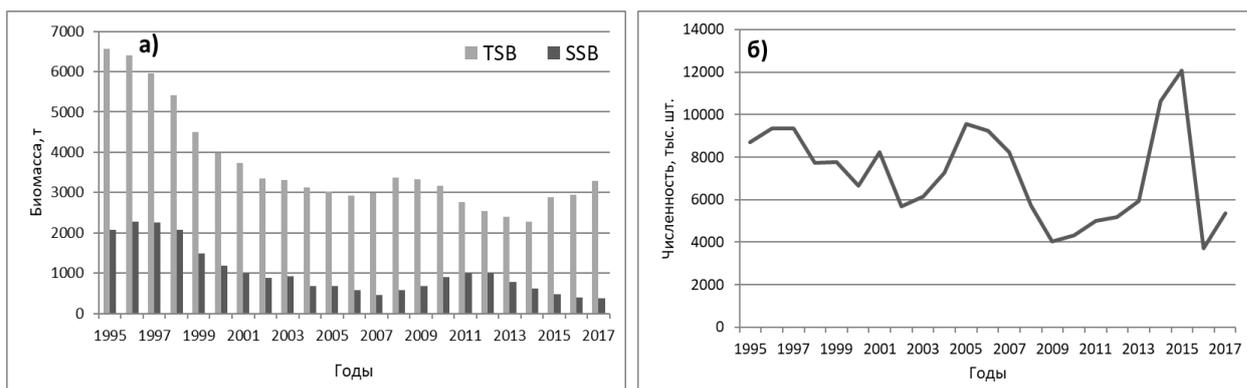
Рисунок 3.5 – Профили компонент целевой функции модели TISVPA для трёх МЭГ байкальского омуля: а) данных по возрастному составу уловов, б) данных по CPUE, в) общей целевой функции

Восстановленная в ПК TISVPA динамика биомассы нерестовой части (SSB) и общей биомассы (TSB), а также пополнения для каждой МЭГ представлены на рисунке 3.6.

Прибрежная МЭГ



Пелагическая МЭГ



Придонно-глубоководная МЭГ

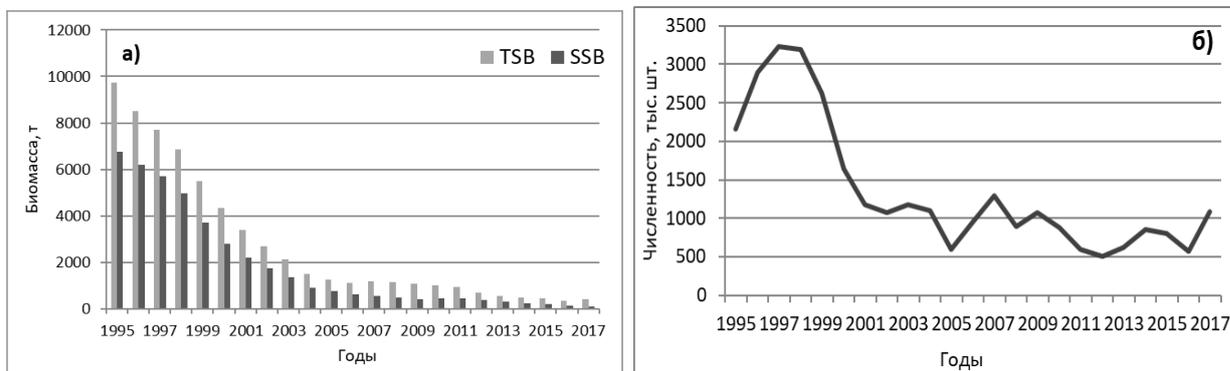


Рисунок 3.6 – Результаты моделирования: а) динамика биомассы нерестовой части и общей биомассы каждой МЭГ; б) динамика пополнения каждой МЭГ (для прибрежной и пелагической МЭГ – в возрасте 2+; для придонно-глубоководной - в возрасте 5+)

Динамика суммарной биомассы трёх морфо-экологических групп представлена на рисунке 3.7.

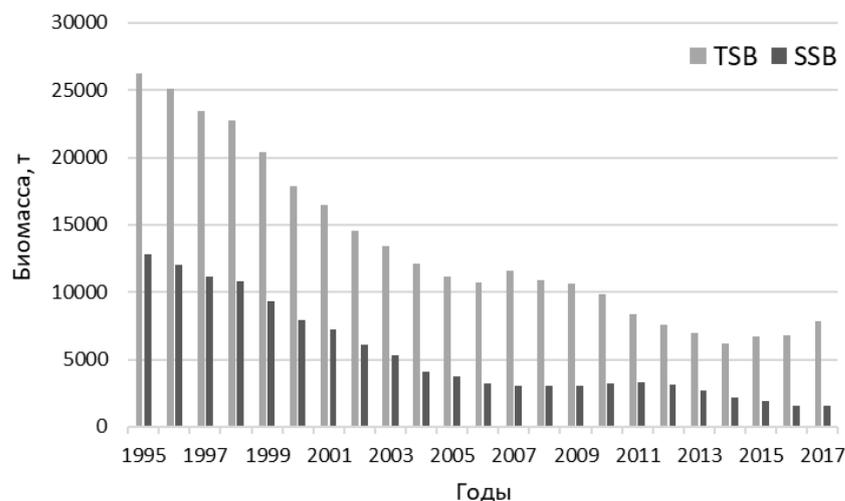


Рисунок 3.7 – Динамика биомассы общего (TSB) и нерестового (SSB) запаса байкальского омуля (три МЭГ)

Динамика биомассы нерестовой части и общей биомассы имеет тенденцию к снижению для каждой МЭГ (рисунок 3.6). Вероятнее всего, это связано с высокой промысловой нагрузкой, в том числе ННН выловом. Объёмы ННН промысла в отдельные годы были почти соизмеримы официальному вылову [3, 28]. Кроме того, промыслом изымались особи, не успевшие отнереститься, что привело к уменьшению пополнения, особенно для прибрежной и придонно-глубоководной МЭГ. В то же время для пелагической МЭГ отмечены высокоурожайные пополнения в 2005 и 2006 гг., а также в 2014 и 2015 гг., что послужило увеличению общего запаса пелагической МЭГ в последние годы промысла и увеличению её нерестового запаса в 2011-2012 гг.

Увеличение промысловой нагрузки на запас также подтверждается рассчитанными оценками мгновенного коэффициента промысловой смертности. На рисунке 3.8 представлена динамика F_{bar} – усреднённого значения мгновенного коэффициента промысловой смертности основных облавливаемых возрастных групп исследуемых МЭГ за каждый год (для прибрежной – от 4

до 8; для пелагической – от 4 до 10; для придонно-глубоководной – от 6 до 13).



Рисунок 3.8 – Оценки мгновенного коэффициента промысловой смертности для а) прибрежной МЭГ, б) пелагической МЭГ, в) придонно-глубоководной МЭГ

Итоговые оценки биомассы для каждой МЭГ и всего запаса байкальского омуля представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Оценки биомассы трёх МЭГ, рассчитанные в ПК TISVPA

МЭГ	Биомасса запаса	Годы									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Прибрежная	TSB	6375	6266	5630	4669	4326	4070	3428	3367	3525	4121
	SSB	1968	1928	1850	1846	1725	1619	1340	1272	1058	1102
Пелагическая	TSB	3369	3328	3170	2755	2545	2393	2274	2875	2935	3282
	SSB	585	679	905	1009	1003	777	616	474	401	374
Придонно-глубоководная	TSB	1137	1069	1027	922	683	540	480	442	336	410
	SSB	496	403	453	444	382	299	240	194	120	106
3 МЭГ	TSB	10880	10662	9826	8347	7554	7004	6183	6684	6796	7813
	SSB	3049	3010	3208	3299	3110	2695	2196	1941	1579	1581

Примечание: SSB - биомасса нерестовой части МЭГ;
TSB - общая биомасса МЭГ

Таким образом, увеличение общей биомассы запаса байкальского омуля в последние годы промысла произошло за счёт небольшого увеличения общей биомассы прибрежной и пелагической МЭГ. В то же время нерестовая часть запаса имеет устойчивую тенденцию к уменьшению за весь рассматриваемый период, и в последние годы промысла её увеличения не отмечено. Однако оценки, полученные для придонно-глубоководной МЭГ за пе-

риод с 1995 по 1999 г., следует рассматривать с осторожностью, поскольку диагностика полученных результатов показала смещение этих оценок в сторону завышения.

Определение биологических ориентиров

Существовавший до последнего времени режим промысла омуля был достаточно стабилен на протяжении более двух десятилетий (с 1982 по 2004 гг.) и базировался на относительном постоянстве общих показателей численности и биомассы омуля в этот период, соответствующим экологическим условиям, сложившимся в Байкале (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Численность, биомасса и общий допустимый улов омуля в озере Байкал в 1982 -2004 гг.

Параметр	Колебания	Средняя
Численность общего запаса, (экз.) $\times 10^6$	213-269	243
Биомасса общего запаса, (т) $\times 10^3$	20,5-26,4	23,3
Биомасса промыслового запаса, (т) $\times 10^3$	12,9-18,9	15,2
Численность нерестового запаса, (экз.) $\times 10^6$	3,4-6,0	4,8
Общий допустимый улов, (т) $\times 10^3$	2,5-3,3	3,0

Колебания представленных характеристик в данный период изменялись в относительно узком интервале. Разрабатываемые величины возможного вылова в принципе соответствовали фактическим уловам. Выявленных трендов снижения состояния запасов и ухудшения биологических характеристик, как в целом смешанного стада байкальского омуля, так и его отдельных экологических групп, не отмечалось. Представленные показатели приняты в качестве эталонных для оценки стабильного состояния запасов омуля в озере Байкал.

Снижение запасов омуля по сравнению с 90-ми годами, согласно проведенному анализу, достигло критического состояния, и находится ниже ми-

нимальной границы принятых эталонных оценок стабильного состояния запасов (см. таблицу 3.5).

В период запрета на промышленный вылов омуля (Приказ Минсельхоза России от 29.08.2017 № 450, документ зарегистрирован 18.09.2017 № 48234) право ограниченного вылова, за исключением нерестового периода, осталось у представителей коренных малочисленных народов, которые проживают в двух районах на территории Республики Бурятия.

Соответственно, в данных условиях допускается возможность ведения ограниченного вылова омуля при условии снижения его интенсивности (количество рыбаков и орудий лова). В его основе лежит предотвращение нежелательных социально-экономических последствий полного запрета рыболовства. Теоретическая основа этого варианта исходит из концепции предосторожного подхода [22], предполагающего возможность ведения рыболовства на уровне V_{lim} (нижняя граница безопасного состояния запаса по массе). В этом случае регулирование рыболовства должно обеспечивать ускоренное восстановление запаса до целевого (оптимального) уровня и поддержание его на этом уровне, а промысловая нагрузка на запас должна быть минимальной. Согласно представленным выше материалам, нижняя граница безопасного состояния запаса байкальского омуля по биомассе составляет 10 тыс. т, что соответствует улову – 1,0 тыс. т. Однако численность нерестовых стад при этом будет сохраняться на крайне низком уровне. Следовательно, ни о каком увеличении промысловых запасов омуля не может быть и речи. В современных же условиях необходимо предусмотреть степень снижения интенсивности вылова омуля КМНС, предполагающую последующее расширенное воспроизводство, что может быть достигнуто за счёт дополнительного пропуска производителей к местам нереста.

Уровень воспроизводства байкальского омуля

Общая численность нерестовых стад омуля, заходящих в основные реки для воспроизводства, по всем имеющимся данным за все годы наблюде-

ний, колебалась в пределах 0,8-9,4 млн экз. По численности, прежде всего, выделяются нерестовые стада рек В.Ангара (0,2-3,9 млн экз.) и Селенга (0,3-4,3 млн экз.). В р. Баргузин заходит 0,1-0,7 млн экз. производителей омуля. Количество омуля, заходящего на нерест в реки Посольского сора и полностью переведенного на искусственное воспроизводство, составляет 0,01-1,0 млн экз. По сравнению с вышеперечисленными реками численность производителей омуля, заходящих на нерест в реки Чивыркуйского залива, рр. Кичеру, Кика, Турка и некоторых других популяций малых рек Байкала (менее 0,05 млн экз.) незначительна и какой-либо заметной роли в формировании промысловых стад они не играют. Однако, роль малых рек очевидна в сохранении разнокачественности популяций омуля.

Ниже (рисунок 3.9) представлены данные по численности нерестовых стад омуля за последние 10 лет. В 2016 г. количество заходящих в реки производителей было критически ниже среднемноголетних значений (4,3 млн экз.) – 0,8 млн экз. В 2018-2019 гг. численность нерестовых стад увеличилась и находилась в пределах 1,8 млн экз. (2017 г. – 1,3 млн экз.), а в 2020 г. составила 2,03 млн экз.

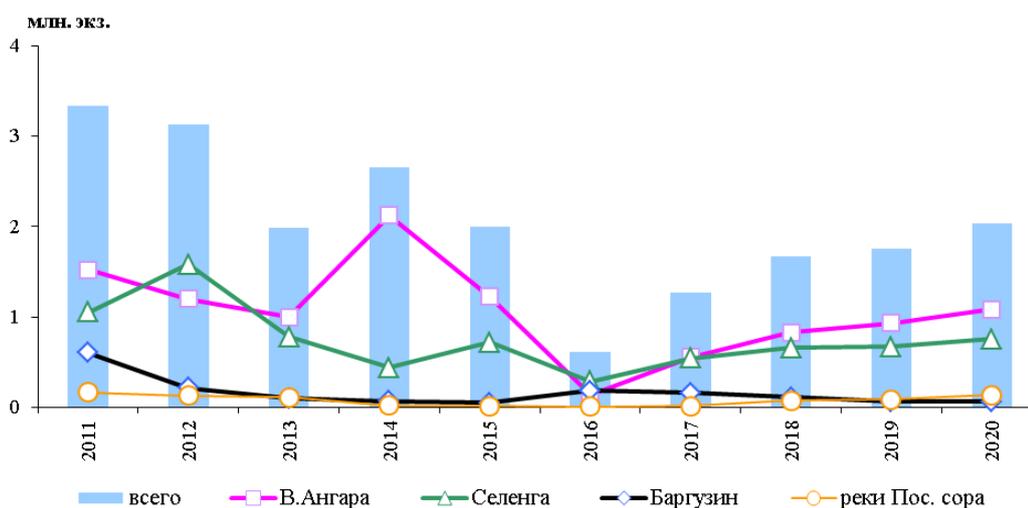


Рисунок 3.9 – Численность нерестовых стад омуля в 2011-2020 гг., млн экз.

Общая численность личинок омуля, скатывающихся в Байкал, несмотря на значительные межгодовые колебания, обычно находится на уровне 2-3

млрд экз. В предыдущее же десятилетие (2001-2010 гг.) численность скатывающихся личинок омуля оказалась существенно выше среднемноголетних величин, в 2011-2015 гг. – на уровне нижней границы среднемноголетних за последние полвека величин, а в 2016-2020 гг. на критически низком уровне – 0,73 млрд экз. (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Численность личинок омуля, скатывающихся в озеро Байкал, в 1959-2020 гг., млрд экз.

Годы	1959-1964	1965-1969	1970-1976	1977-1982	1983-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2015	2016-2020
Н ср.	2,74	0,85	2,53	2,51	2,52	2,68	3,24	1,73	0,73

Сохранение относительно стабильного положения с пополнением омуля на протяжении многих лет (до 2015 г.) во многом было связано с деятельностью рыбоводных заводов.

Объемы заготовки производителей в рыбоводных целях до 2014 г. находились в пределах 6-11 % от численности нерестовых стад омуля, заходящих в реки Селенга, Баргузин и речки Посольского сора, на которых расположены рыбоводные заводы. В 2015-2017 гг. вылов производителей составил минимальную величину – 0,01 млн экз., в 2020 г. – 0,13 млн экз. В настоящее время вылов производителей не оказывает влияние на состояние нерестовых стад омуля (исключая речки Посольского сора).

Выпуск личинок с рыбоводных заводов за последнее десятилетие (2011-2020 гг.) составил в среднем 0,49 млрд экз. или 37,1 % от общего ската личинок омуля в Байкал (рисунок 3.10).

В 2016-2018 гг. была отмечена явная тенденция к снижению эффективности работы байкальских рыбоводных заводов. В 2019-2020 гг. выпуск личинок с рыбоводных заводов возрос и составил 0,45-0,52 млрд экз. (2018 г. – 0,08 млрд экз.).

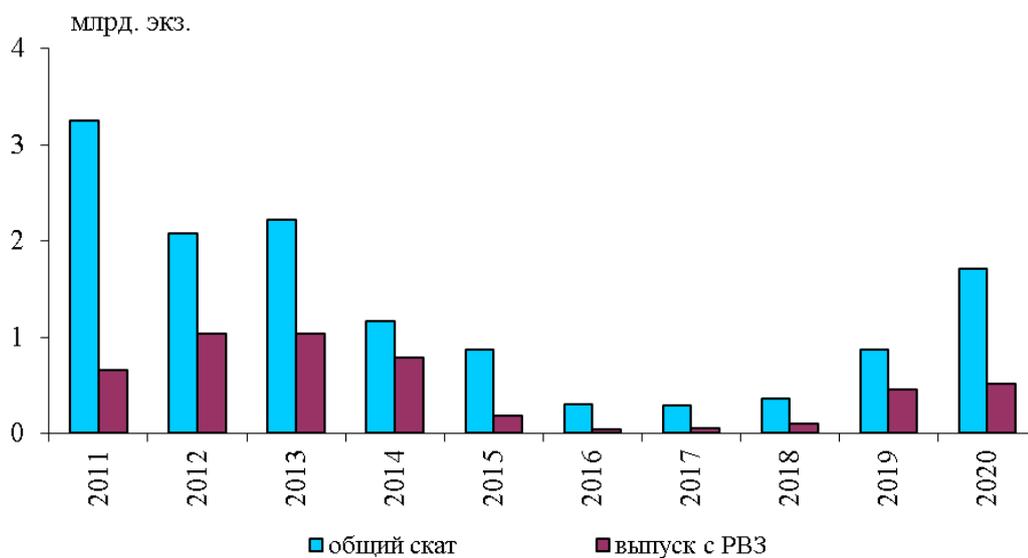


Рисунок 3.10 – Численность личинок омуля, скатывающиеся в озеро Байкал, в 2011-2020 гг. (млрд экз.)

Диагностика полученных результатов

Об устойчивости модельных оценок можно судить по результатам ретроспективной диагностики, в рамках которой проводились расчёты с последовательным исключением последнего года из исходных данных. Смещение оценок в сторону завышения (по сравнению с итоговыми оценками) для пелагической и прибрежной МЭГ в последние годы может говорить о занижении финальных значений их нерестовой части биомассы (рисунок 3.11).

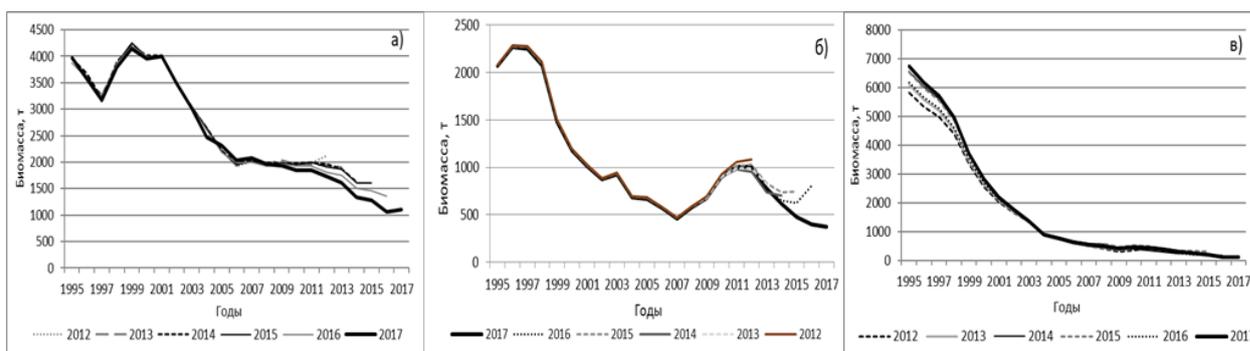


Рисунок 3.11 – Результаты ретроспективной диагностики оценок биомассы нерестовой части а) прибрежной МЭГ, б) пелагической МЭГ, в) придонно-глубоководной МЭГ

Что касается придонно-глубоководной МЭГ, то уменьшение полученных значений в начале исследуемого периода может указывать, наоборот, на завышение итоговых оценок до 1999 г.

Таким образом, разброс оценок, полученный в ходе диагностики результатов, свидетельствует о присутствии зашумленности в первичных данных. Тем не менее, это не меняет вывода о сокращении биомассы как общей, так и нерестовой общего стада байкальского омуля.

Прогнозирование состояния запаса

Базовыми для расчета численности омуля для 2022 г. являются данные ретроспективного анализа, полученные в ПК TISVPA.

Прогноз состояния каждой МЭГ выполнен с учётом вылова омуля в 2018-2020 гг. Итоговые оценки численности и биомассы запаса байкальского омуля представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Прогнозируемые на 2018-2022 гг. оценки численности и биомассы байкальского омуля (общее стадо)

Возраст	Численность, тыс. экз.					Биомасса, т				
	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
2	17912,8	17912,8	17912,8	17912,8	17912,8	1093,8	1093,8	1093,8	1093,8	1093,8
3	11682,3	11664,3	11745,6	11851,8	11851,8	1255,3	1243,5	1252,8	1264,4	1264,4
4	5592,5	6759,0	6695,9	6818,8	6881,5	920,0	1107,0	1092,0	1112,4	1122,8
5	6582,7	4077,0	4761,3	4752,0	4829,9	1412,5	892,9	1042,0	1036,7	1054,2
6	4474,0	4141,3	2701,6	3144,7	3124,1	1310,8	1209,6	767,4	896,9	893,6
7	1896,7	2828,7	2645,1	1817,2	2095,7	721,6	1110,0	1029,7	658,7	764,5
8	872,4	1200,0	1790,5	1683,9	1210,2	394,5	539,1	832,0	775,5	516,4
9	343,8	533,5	725,5	1078,9	1018,4	183,2	282,2	382,8	579,4	544,2
10	123,1	208,4	318,1	423,7	630,9	72,5	122,8	188,0	251,2	373,9
11	29,3	71,5	121,7	180,3	231,8	18,4	44,2	75,4	110,4	140,0
12	10,4	17,1	40,0	68,7	97,5	7,4	12,2	28,6	49,0	69,8
13	3,0	4,3	7,2	13,7	24,6	1,9	2,7	4,6	8,7	15,6
14	0,8	1,8	2,6	4,3	8,2	0,6	1,3	1,9	3,1	5,9
15	0,3	0,4	1,0	1,4	2,3	0,2	0,3	0,8	1,1	1,9
Всего	49524,2	49420,2	49468,9	49752,3	49919,7	7392,6	7661,7	7791,9	7841,3	7860,9

Биомасса всех экологических групп омуля, согласно проведенным расчетам, в 2020 г. определена в 7,79 тыс. т (2018 г. – 7,39; 2019 г. – 7,84 тыс. т).

Подробная информация о величине нерестовой части и общей биомассы каждой МЭГ приведена в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Оценки нерестовой части и общей биомассы каждой МЭГ в 2018-2022 гг., тонн

МЭГ	Запас	Годы				
		2018	2019	2020	2021	2022
Прибрежная	TSB	4026,7	4311,4	4533,9	4712,9	4830,8
	SSB	1079,0	1298,7	1473,8	1694,0	1787,8
Пелагическая	TSB	2832,7	2725,1	2554,0	2365,2	2225,2
	SSB	222,6	338,4	600,5	701,5	476,5
Придонно-глубоководная	TSB	533,2	625,2	703,9	763,3	804,9
	SSB	202,9	225,2	307,1	366,5	408,1
3 МЭГ	TSB	7392,6	7661,7	7791,9	7841,3	7860,9
	SSB	1504,5	1862,3	2381,4	2762,0	2672,4

Также динамика SSB и TSB для трёх морфо-экологических групп графически представлена на рисунках 3.12, 3.13, 3.14.

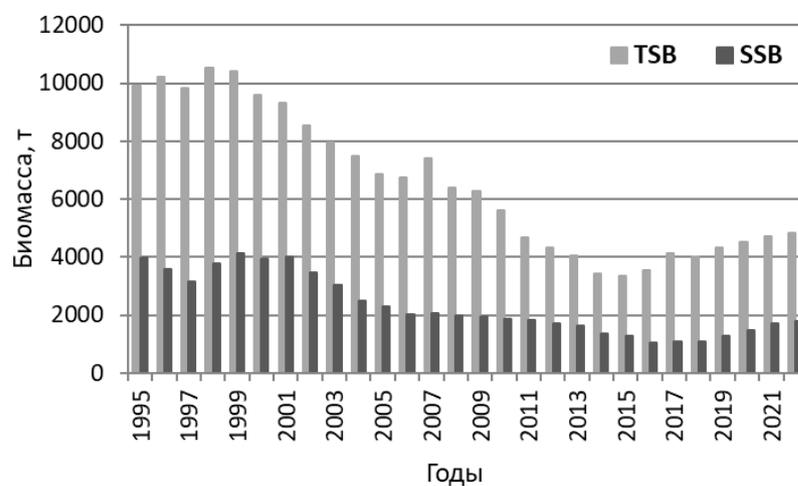


Рисунок 3.12 – Динамика нерестовой части и биомассы прибрежной МЭГ за период 1995-2022 гг.

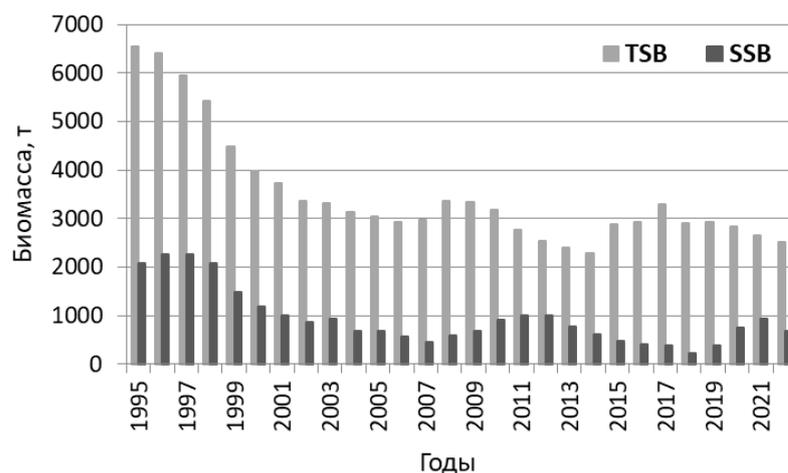


Рисунок 3.13 – Динамика нерестовой части и биомассы пелагической МЭГ за период 1995-2022 гг.

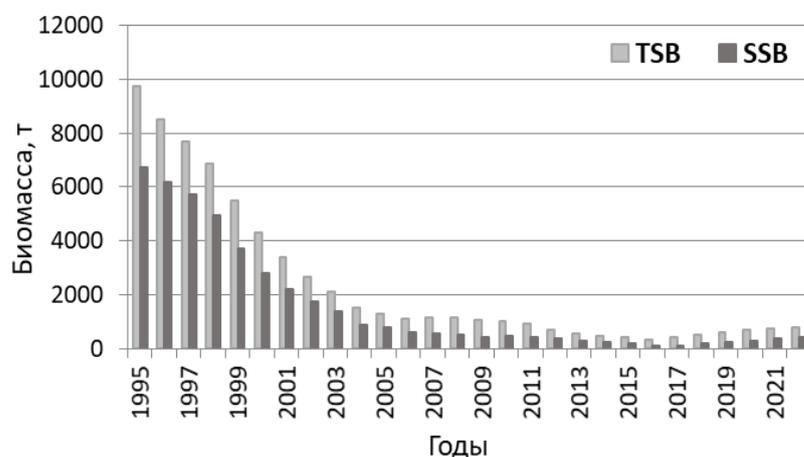


Рисунок 3.14 – Динамика нерестовой части и биомассы придонно-глубоководной МЭГ за период 1995-2022 гг.

Полученные результаты демонстрируют постепенное восстановление нерестовой части и общей биомассы прибрежной и придонно-глубоководной МЭГ. Что касается пелагической МЭГ, то восстановление нерестовой части наблюдается только до 2021 г., что, вероятно, является следствием многочисленного пополнения в 2014-2015 гг., после чего в 2016-2017 гг. отмечены падения численности пополнения, что также послужило причиной уменьшения биомассы SSB в 2022 г. Таким образом, величина общего запаса байкальского омуля в 2022 г. оценивается почти такой же, как и в 2021 г. и составляет 7,86 тыс. т, что является ниже граничного ориентира по биомассе (10 тыс. т.)

и свидетельствует о необходимости продолжения запрета на промышленный вылов эндемика в 2022 г.

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

В связи с выполненными расчётами и Приказом Минсельхоза России от 29.08.2017 № 450 «О внесении изменений в правила рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна ...» запрет на промышленный вылов байкальского омуля будет сохранён в 2022 г. Поэтому ОДУ для этого вида рыболовства не устанавливается.

По отношению к КМНС в условиях критического состояния запасов омуля, интенсивность промысла данной группы рыбозаготовителей предложено ограничить промысловыми усилиями, т.е. количеством выставяемых сетей. С учетом практики ведения лова омуля на Байкале, рекомендовано ввести при традиционном лове омуля на рыбопромысловом участке стандартный сетепорядок длиной 500 м. Данное положение закреплено в утвержденных изменениях в Правила рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна (2017 г.).

Согласно тем же поправкам, внесенным в Правила рыболовства, «общее количество выставяемых сетепорядков не должно превышать для Северо-Байкальского рыбопромыслового района – 20 штук, для Баргузинского рыбопромыслового района – 2 штуки. Соответственно, общее количество стандартных сетепорядков – 22, т.е. общая длина сетей – не более 11000 м. С учетом среднемноголетней величины вылова на стандартный сетепорядок (500 м), равной 2,5 т, общий допустимый объем добычи при традиционном рыболовстве не должен превысить 55 т.

Для целей искусственного воспроизводства омуля и обеспечения загрузки существующих рыбоводных мощностей на трех омулевых заводах, необходимо отлавливать порядка 150 т производителей. Однако низкая численность нерестовых стад, а также существующие технологические возможности байкальских рыбоводных заводов объективно не позволяют выйти на

данные показатели. Соответственно, реальная прогнозируемая величина загрузки рыбоводных заводов на 2022 г. будет находиться на уровне 50 % от потенциально возможной, т.е. 80 т.

Для осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях целесообразно объем квот оставить на уровне 2015-2018 гг., т.е. в пределах 15 т для всех пользователей.

В соответствии с проведенным анализом состояния запасов байкальского омуля, учитывая введенный запрет на его промышленную добычу и дополнительные ограничения для традиционного рыболовства, рекомендуется установить ОДУ омуля в озере Байкал с впадающими в него реками в 2022 г. в объеме 150 т, в том числе для Республики Бурятия – 145 т, Иркутской области – 5 т. При утверждении данной величины ОДУ, с учетом предосторожного подхода, целесообразно предусмотреть приоритет вылова омуля в целях искусственного воспроизводства и ведения мониторинга состояния запасов.

3.3.2 Сиг (пресноводная жилая форма) (*Coregonus lavaretus pidschian*, Gmelin, 1788)

Общая характеристика объекта

Сиг в Байкале представлен двумя экологическими формами: озерной и озерно-речной. Озерно-речной сиг не входит в число промысловых видов рыб Байкала, малочислен и нуждается в охране и искусственном воспроизводстве. Состояние запасов озерного сига достаточно стабильно, основными местами его обитания являются Чивыркуйский залив и Малое Море, в качестве прилова сиг обычен в Баргузинском заливе, на Северобайкальском и Селенгинском мелководьях.

Озерный сиг образует промысловые скопления только в преднерестовый и нерестовый периоды, поэтому специализированный промышленный лов сига до 1960 г. проводился обычно в октябре-декабре. Общий вылов сига по Байкалу в эти годы составлял в среднем около 88 т, с колебаниями от 23

до 193 т. С введением с 1960 г. запрета на лов сига в нерестовый период среднегодовые уловы снизились до 19 т (колебания от 6 до 53 т); в 1969 г. был введен круглогодичный запрет на его вылов. В этот период в промысловых уловах сиг встречался в качестве прилова к омулю и частичковым рыбам, а в статистике вылова практически не фиксировался. С введением сначала лицензионного лова (1993 г.), а затем и просто лова в режиме утверждаемого ОДУ (2000 г.) объемы вылова данного вида сначала возросли до 25-32 т в 2001-2002 гг., затем существенно снизились. В последние 10 лет официальный вылов сига был минимальным в 2011-2012 гг. – 3,2-3,7 т, с 2013 г. наблюдался довольно устойчивый тренд увеличения уловов сига до 15,0 т в 2019 г. Вылов сига в 2020 г. составил 12,1 т (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Вылов сига в оз. Байкал в 2011-2020 гг., тонн

годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
вылов	3,2	3,7	4,6	5,6	9,3	10,1	8,5	12,9	15,0	12,1

Однако официально фиксируемый вылов сига не отражает состояние его запасов. Для данного вида характерна высокая величина неучтенного вылова (экспертная оценка вылова в 2011-2016 гг. не менее 20-25 т, в 2020 г. – 17,1 т (рисунок 3.15), в т.ч. в режиме прилова к другим видам рыб сиг, как правило, не фиксируется. В 2016-2020 гг. отмечено довольно существенное снижение неучтенного вылова сига по причине введения достаточно жестких мер по охране водных биоресурсов в пределах Забайкальского национального парка (Чивыркуйский и Баргузинский заливы), в результате чего в данном районе браконьерский вылов снизился до минимума.

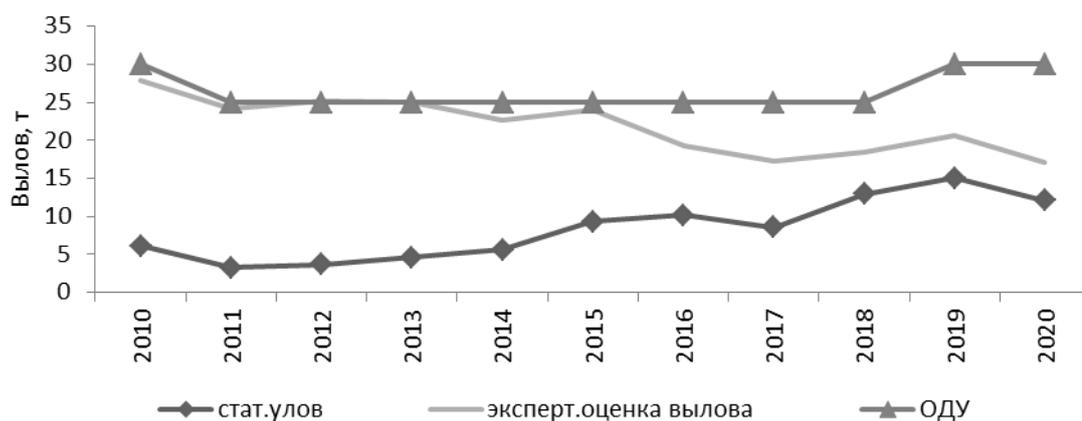


Рисунок 3.15 – Возможный вылов и уловы сига в оз. Байкал (т) в 2010-2020 гг.

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу прогноза положены материалы обоснований прогноза ОДУ, выполненные в 2001-2019 гг., ихтиологические материалы, собранные Байкальским филиалом в 2020 г., данные официальной статистики уловов рыбы. Всего в 2020 г. промерено (массовые промеры) 1178 экз. и взято на биологический анализ с определением возраста (ПБА) 757 экз. сига (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Объем собранного материала, привлекаемого для анализа состояния запасов сига оз. Байкал, экз.

годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ПБА	391	464	844	492	237	401	249	902	993	757
МП	1877	558	1620	1362	668	559	580	1158	1632	1178

Обоснование выбора методов оценки запаса

Доступная информация позволяет проведение аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса.

Количественная оценка состояния запасов осуществлена на основе расчета и анализа промысловых моделей. Схема построения промысловой модели заключается в следующем:

1. Согласно возрастной структуре уловов по годам промысла рассчитываются уловы каждой возрастной группы в поштучном выражении (Y_n);

2. По полученным значениям уловов рассчитывается численность виртуальной популяции (виртуальная популяция (V) - суммарная численность рыб, принадлежащих разным возрастным классам, которые находятся в водоеме в любой данный момент времени и будут выловлены (Y_n) в данном и во всех последующих годах):

$$V_{x,t} = Y_{n_{x,t}} + Y_{n_{x+1,t+1}} + Y_{n_{x+2,t+2}} + \dots + Y_{n_{x+n,n}} \quad (1)$$

3. Определяется мгновенный коэффициент общей смертности (Z), как соотношение численности виртуальной популяции (V) в два последовательных года:

$$Z_{x,t} = -\ln \frac{V_{x+1,t+1}}{V_{x,t}} \quad (2)$$

4. Определяется мгновенный коэффициент промысловой смертности (F) при заданном мгновенном коэффициенте естественной смертности – M (используются среднегодовые данные):

$$F_{x,t} = Z_{x,t} - M \quad (3)$$

В основе определения коэффициентов естественной смертности заложены положения, разработанные Ф.И. Барановым [29], П.В. Тюриным [30, 31], У.Е. Рикером [32] и др.

5. Рассчитывается прогноз численности рыб с двухлетней заблаговременностью по уравнению Ф.И. Баранова:

$$N_{x+1,t+1} = N_{x,t} e^{-(F_{x,t}+M)} \quad (4)$$

Средние показатели длины, массы и возраста сига оз. Байкал в промысловом стаде за последние два десятилетия остаются достаточно стабильными (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Средние показатели длины, массы и возраста облавливаемого стада сига в отдельные периоды рыболовства

Годы	2001-2010	2011-2015	2016	2017	2018	2019	2020
L	44,5±1,3	40,5±2,0	41,5	40,6	45,3	44,3	48,2
W	1135±84	915±108	1018	941	1288	1238	1473
T	11,2±0,4	9,4±0,8	8,9	7,8	9,3	8,6	10,6
L – длина промысловая, см; W – масса общая, г; T – возраст, лет							

Созревает сиг преимущественно в семи-девятилетнем возрасте (6+-8+) при длине тела 36-43 см. Показатели роста сига в целом для Байкала достаточно стабильны. Однако за последний период (2016-2019 гг.) можно отметить достаточно уверенный тренд увеличения линейных показателей (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Показатели линейного роста сига оз. Байкал в 2001-2020 гг., см

Возраст/годы	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	n, экз.
2001-2010	21,6	24,4	26,4	28,6	31,4	35,2	39,1	41,9	43,2	43,7	44,7	46,1	47,4	49,8	2877
2011-2015	20,1	22,3	24,6	26,7	33,3	37,8	40,3	41,8	43,0	43,7	43,9	43,9	45,8	45,8	2428
2016-2020	20,1	24,8	28,7	32,5	36,6	41,6	44,8	46,3	47,8	49,1	49,8	50,9	51,5	51,8	3603

Обоснование правила регулирования промысла

Ретроспективный анализ ведения промысла сига в озере Байкал показывает на возможность значительного снижения запасов данного вида при нерациональном ведении промысла. Так, при ведении интенсивного специализированного лова сига в преднерестовый и нерестовый период запасы данного вида резко сократились, что привело к необходимости введения запрета на лов сига. Соответственно, среднегодовой вылов в анализируемые годы (50-е - начало 60-х годов) в объеме 88 т являлся чрезмерным. Последующее ведение промысла (после 2000-х годов) в объеме до 32 т не оказало существенного влияния на структурно-биологические характеристики данного вида. Данная величина при наличии имеющейся информации может быть

принята за максимально возможную при ведении промысла (целевой ориентир по интенсивности промысла - F_{tr} [22]).

Прогнозирование состояния запаса и обоснование объема ОДУ

Согласно полученным расчетным характеристикам, численность промыслового запаса сига (с возраста 7 лет) в 2020 г. составила 182 тыс. экз. (2018 г. – 189 тыс. экз., 2019 г. – 249 тыс. экз.). В 2022 г. численность сига составит 227 тыс. экз.

Биомасса сига к прогнозируемому 2022 г. будет находиться в пределах 273 т, (2021 г. – 247 т), что позволяет оценить возможный улов в объеме 37 т (15 % изъятия).

Анализ и диагностика полученных результатов

В 2011-2018 гг. предлагалось ограничивать ОДУ сига на уровне 25 т, что было ниже биологически обоснованного возможного вылова. Это аргументировалось отсутствием четкой организации промысла сига на Байкале. К 2019 г. ситуация кардинально изменилась в связи с введенным запретом на осуществление промышленного лова омуля. В условиях данного запрета появилась возможность возобновления специализированного лова сига в объемах, превышающих устанавливаемые для последних лет. Величину ОДУ сига на 2022 г. рекомендуется установить в пределах оценок данных для 2008-2010 гг., т.е. 30 т, в том числе для Республики Бурятия – 26 т, для Иркутской области – 4 т.

3.3.3 Хариус (*Thymallus arcticus baicalensis* Dyb., *Thymallus arcticus brevipinnis* Swet.)

Общая характеристика объекта

В оз. Байкал обитают подвиды сибирского хариуса – черный байкальский хариус *Thymallus arcticus baicalensis* Dyb. и белый байкальский хариус *Thymallus arcticus brevipinnis* Swet. Систематический статус байкальских ха-

риусов обсуждается до настоящего времени [33, 34, 35, 36, и др.]. Места обитания черного байкальского хариуса приурочены преимущественно к малым рекам Байкала. Достаточно устойчивые популяции черного хариуса наблюдаются в реках: южная часть Байкала – Снежная, Слюдянка, Переемная, средняя – Кика, Турка, Бугульдейка, северная – В.Ангара, Рель, Тыя, Кабанья, Томпуда. Непосредственно в Байкале черный хариус встречается в предустьевых пространствах этих рек и отдельных губах (Аяя, Фролиха, Дагарская и некоторых других). Белый байкальский хариус более активно осваивает открытые прибрежные участки Байкала, а также заливы и является достаточно обычным видом прилова при промысле омуля.

Белый байкальский хариус

В основу прогноза положены материалы обоснований прогноза ОДУ, выполненные в 2001-2019 гг., ихтиологические материалы, собранные Байкальским филиалом в 2020 г., данные официальной статистики уловов рыбы. Всего в 2012-2020 гг. промерено 2005 экз. и взято на биологический анализ (с определением возраста) 1167 экз. белого хариуса, в т.ч. в 2020 г. промерено 336, взято на биологический анализ 133 экз. белого хариуса.

Доступная информация позволяет, как и для сига, проведение аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса.

Белый байкальский хариус объектом специализированного промышленного лова в настоящее время не является. Однако в качестве прилова при промысле других видов рыб, в т.ч. при традиционном рыболовстве омуля представителями КМНС, встречается практически по всему Байкалу.

Официальный вылов белого байкальского хариуса в 2011-2019 гг. находился на уровне 7-14 т. В 2020 г. официально представленная величина улова – 11,9 т.

По экспертной оценке, вылов байкальского хариуса в эти же годы составлял в среднем 21 т, в 2020 г. – на уровне 18,5 т (рисунок 3.16). Однако

реальная величина вылова значительно выше, т.к. белый байкальский хариус является одним из важных объектов спортивно-любительского рыболовства на Байкале.

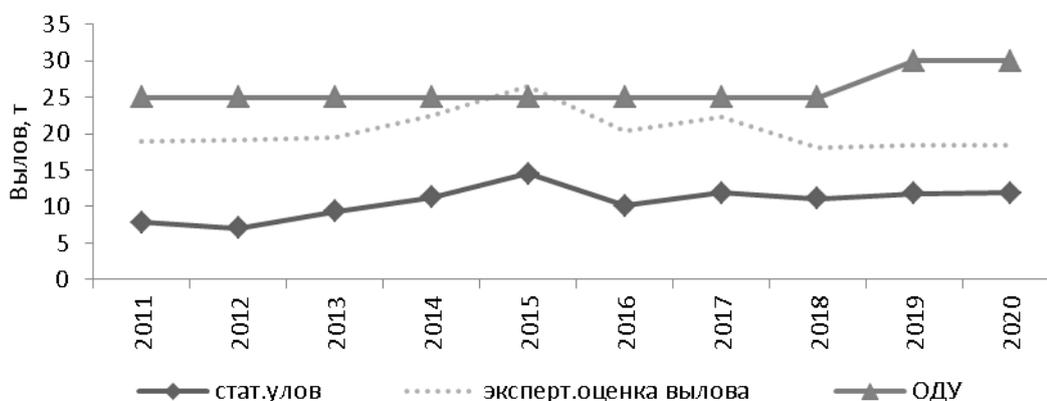


Рисунок 3.16 – Утвержденные величины общего допустимого улова (ОДУ) и фактические уловы хариуса в оз. Байкал, т

В уловах в основном встречается хариус в возрасте от 2+ до 10+. В 2001-2010 гг. доминировали возрастные группы 4+-5+, составляя более 50 % уловов. В 2011-2015 гг. наибольший удельный вес имела возрастная группа 4+ на уровне 35 % по численности (таблица 3.13). Обращают внимание более высокие значения в последние годы младшевозрастных групп (2+-3+) по сравнению с 2001-2010 гг. Последующий анализ модели ВПА (см. ниже) показал на достаточную стабильность тренда увеличения численности младшевозрастных групп хариуса в 2016-2020 гг., соответственно можно говорить о более высокой урожайности этих поколений в последние годы. Вместе с тем, наблюдаемые изменения возрастной структуры хариуса находятся в пределах естественных межгодовых колебаний.

Таблица 3.13 – Возрастная структура белого байкальского хариуса в уловах, % по численности

Годы	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	Тср.	п, экз.
2001-2010	4,9	12,0	28,4	27,0	17,3	6,9	3,3	1,3	0,4	4,9	2806
2011-2015	11,4	26,5	34,8	16,4	6,7	2,5	1,0	0,4	0,3	5,0	543
2016-2019	8,4	44,1	30,3	11,0	4,0	1,7	0,3	0,1	0,0	3,7	1125

Начало созревания белого хариуса отмечается на четвертом (3+) году жизни, массовое – в возрасте 4+. Следует отметить более высокие значения показателей линейного роста хариуса в последнее десятилетие (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Показатели линейного роста белого байкальского хариуса (промысловая длина), см

годы	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	n
2001-2010	19,7	24,3	27,7	30,2	31,8	33,9	35,6	39,6	39,1	1297
2011-2015	23,8	29,6	34,2	37,4	37,7	39,1	43,5	-	-	543
2016-2020	25,4	30,9	34,9	33,8	36,7	36,1	41,2	-	-	722

В связи с отсутствием в настоящее время специализированного промыслового лова белого байкальского хариуса обоснование правила регулирования промысла данного вида не представляется возможным. Критерием стабильности существования данного вида может служить среднеголетняя величина прилова белого байкальского хариуса в омулевые орудия лова – $1.45 \pm 0,35$ %. Эта величина достаточно стабильна на протяжении трех десятилетий, причем в последние годы проявляется тенденция к увеличению прилова хариуса.

Для оценки запасов белого хариуса в Байкале в 2020 г. использованы данные по численности рыб в 2003-2019 гг. При рассчитанной средней численности хариуса в 2019 г. 202 тыс. экз., принятыми коэффициентами естественной смертности, рассчитанными методом ВПА коэффициентами промысловой смертности в 2010-2020 гг., численность хариуса в 2020 г. соответствует 174 тыс. экз. Последующий расчет численности возрастных групп хариуса в прогнозируемом 2022 г. по уравнению Баранова дает общую оценку численности в 393 тыс. экз. или 192 т

При показанной выше величине промысловой биомассы белого хариуса биологически допустимый возможный вылов (в пределах коэффициента естественной смертности – 19 %) будет равен $196 \times 0,19 = 37$ т. Данная вели-

чина, по мнению разработчиков прогноза, является реальной, действительно отражающей допустимые возможности использования естественной продуктивности стада белого байкальского хариуса. Вместе с тем, данная величина, как мера регулирования промыслового изъятия, не может быть принята по причинам невозможности объективного контроля за реальными объемами вылова хариуса при спортивно-любительском рыболовстве и отсутствием в настоящее время специализированного лова данного вида. Материалы последних шести лет показывают на достаточно стабильное состояние запасов данного вида, а объективная возможность ведения специализированного промысла ввиду запрета на промысел омуля позволяют рекомендовать ОДУ в 2022 г. на уровне 2019-2021 гг. – 20 т, т.е. выше, чем в 2011-2018 гг. (15 т).

Черный байкальский хариус

Для количественной оценки величины запаса черного хариуса в Байкале использованы фондовые данные Байкальского филиала Госрыбцентра по продуктивности хариусовых рек в целом Байкальского региона и результаты специализированного контрольного лова черного хариуса в оз. Байкал.

Контрольные ловы черного хариуса проводились в последнее десятилетие на северо-восточном побережье озера Байкал, на Южном Байкале в районе устьев рек Мурино, Солзан и Маритуй, в т.ч. в 2020 г. – 132 экз., на Малом море. Собран материал по структурно-биологическим характеристикам черного хариуса из трех промысловых районов Байкала: Северобайкальском, Прибайкальском, Селенгинском (устья рек Аносовка, Переемная, Выдринная). В 2017-2020 гг. собран расширенный материал по биологическим характеристикам черного хариуса северо-восточной части Байкала (рр. Кабанья, Томпуда, Ширильды, бухта Аяя) в количестве 1518 экз., в том числе в 2020 г. – 393 экз.

Оценка величины запаса рыб проведена по уловам на усилии (получены количественные характеристики уловов на усилии по численности (Y_n/f , экз./сетепостановку) и массе (Y_w/f , кг/сетепостановку). При расчетах сопо-

ставлялись полученные для обследованных водоемов уловы на усилие с их средними значениями для водоемов Байкальского региона.

Недостаточная полнота и качество доступной информации исключают использование моделей эксплуатируемого запаса. Обоснование ОДУ черного байкальского хариуса строится на приближенных методах, применяемых в случае дефицита информации (оценка продуктивности малых рек Байкальского региона по хариусу по результатам контрольных обловов и сопоставления уловов на усилие с имеющимися данными по биомассе данного вида, анализ рассчитанных величин общей и естественной смертности).

Черный хариус в промысле практически не встречается и является объектом любительского лова. Официальная статистика вылова черного хариуса отсутствует.

Показатели линейного роста черного байкальского хариуса по сравнению с белым существенно ниже - в среднем на 22 % (рисунок 3.17).

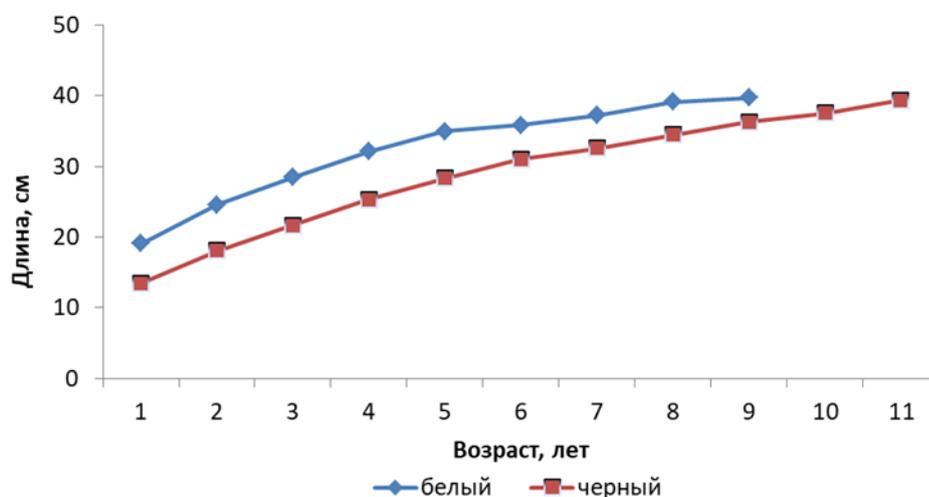


Рисунок 3.17 – Сравнительная характеристика линейного роста белого и черного хариусов озера Байкал, 2001-2020 гг.

Возрастная структура облавливаемых стад черного хариуса в целом для Байкала в последние годы представлена ниже (таблица 3.15). Основу уловов составляют рыбы в возрасте 3+ - 5+. В период 2016-2019 гг. проявился достаточно выраженный тренд увеличения доли старшевозрастных рыб в возрасте 6-7 лет.

Таблица 3.15 – Возрастная структура черного байкальского хариуса в уловах, % по численности

Годы	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	п, экз.
2001-2010	5,6	26,3	26,4	20,7	10,8	5,7	2,7	1,2	0,7	597
2011-2015	16,0	33,8	19,6	13,2	5,7	6,0	3,0	2,1	0,7	670
2016-2020	14,6	28,6	22,3	14,7	10,1	6,9	1,8	0,5	0,5	1497

Ведение рационального коммерческого и любительского лова черного байкальского хариуса предполагает устойчивое существование имеющихся популяций данного вида в пределах ареалов малых рек Байкала. В соответствии с доступной информацией критерием регулирования лова черного хариуса в целом для озера Байкал может быть ограничение интенсивности его лова в пределах существующих величин.

Продуктивность малых рек Байкальского региона по хариусу в целом невысока и в основном колеблется от 8 до 18 кг/га при средней величине в 9 кг/га (материалы 1995-2019 гг., количество обследованных акваторий озера Байкал, а также прочих озер и водотоков Байкальского региона – более 100). В 2005-2006 гг. согласно проведенным расчетам биомасса черного хариуса на некоторых участках северо-восточной части Байкала составила 9,4 кг/га и соответствовала имеющимся данным по продуктивности хариусовых рек Байкальского региона. По результатам контрольных обловов 2010, 2016, 2019 гг. биомасса черного байкальского хариуса на четырех отдельных акваториях Байкала колебалась в достаточно широких пределах – 5-24 кг/га, что было обусловлено взаимодействием двух основных факторов – специфичностью местообитаний и степенью воздействия уже существующего рыболовства.

Для оценки степени воздействия существующего объема вылова черного хариуса на состояние его запасов в условиях неопределенности информации по его реальной величине вылова, по данным массовых промеров

2011-2020 гг. восстановлена естественная структура стада (рисунок 3.18) и рассчитаны коэффициенты общей смертности (таблица 3.16).

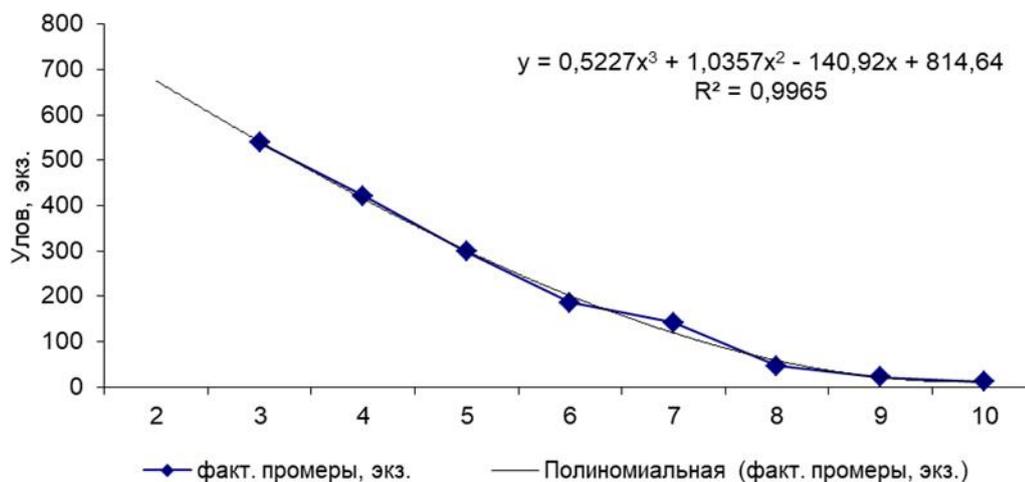


Рисунок 3.18 - Фактическая и восстановленная возрастная структура стада черного байкальского хариуса в 2011-2020 гг.

Таблица 3.16 – Расчетные данные по структуре стада и коэффициентам смертности черного байкальского хариуса

	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+
факт. промеры 2011-2020 гг., экз.	-	539	422	299	186	142	47	22	12
восстановл. структура, экз.	-	303	231	170	117	75	41	16	0
коэф.общ.смертности, 1/год	-		0,24	0,27	0,31	0,36	0,45	0,60	0,97
коэф.ест.смертности, 1/год	0,44	0,28	0,21	0,22	0,28	0,40	0,54	0,71	0,87

Средний коэффициент общей смертности у рыб массовых возрастов (4+-5+) составил 25 %, средний коэффициент естественной смертности для этих же возрастов равен 22 %.

Соотношение общей и естественной смертности свидетельствует о слабой интенсивности добычи черного хариуса. Соответственно, существующая интенсивность лова не ведет к снижению запасов черного хариуса. Однако несомненно, что отдельные локальные популяции черного хариуса подвержены антропогенному воздействию (ухудшение гидрологических условий

рек, загрязнения) и, прежде всего, это выражено для малых речек Южного Байкала, а в последние годы и Малого моря.

Согласно проведенным работам 2005-2020 гг. средняя величина биомассы черного хариуса в оз. Байкал соответствует 9 кг/га и, при площади акваторий хариусового типа в Байкале равной 12 тыс. га, общий запас черного байкальского хариуса будет равен $12000 \times 9 = 108000$ кг или 108 т, что предполагает биологически приемлемый возможный улов в объеме 23 т (0,023 тыс. т).

По аналогии с белым байкальским хариусом в целях регламентации объективно существующего лова черного байкальского хариуса предлагается установить ОДУ черного хариуса в объеме 10 т, исключив из зоны возможного лова реки Южного Байкала. Осуществление специализированного лова черного байкальского хариуса в отличие от белого возможно только локально и преимущественно для Северобайкальского промыслового района.

Таким образом, в целом ОДУ байкальского хариуса (белого и черного) на 2022 г. предлагается в объеме 30 т, в том числе для Республики Бурятия 25 т, для Иркутской области – 5 т.

3.3.4 Байкальская нерпа (*Pusa sibirica* Gm.)

Общая характеристика объекта

Байкальская нерпа – представитель рода самых мелких настоящих тюленей (*Phocidae*). По происхождению нерпа имеет северные корни, а эволюция вида шла при пониженных температурах в условиях глубоководного водоёма, что и отразилось на всей биологии и экологии животных.

Нерпа – быстро созревающий вид: уже в возрасте 4-х лет самка может принести потомство; самцы созревают в 6-7 лет [37].

После распаления льдов нерпа образует кратковременные (на 2-3 недели) линные залежки на плавающих льдах. С завершением процесса линьки животные полностью переходят к пелагическому образу жизни (лето-осень) вплоть до образования льда. Больших миграций нерпа не совершает, но от-

мечаются кочёвки, связанные, вероятно, с поиском пищи, а также наблюдаются пассивные кочевки животных вместе с плавающими льдами (преимущественно в северном направлении). После замерзания Байкала нерпа в течение 4-5 мес. живет подо льдом, используя для дыхания специальные отверстия, которые она преимущественно сама же и изготавливает.

Более 90 % пищи нерпы приходится на два вида голомянок [38, 39, 40], биомасса которых составляет 69 % биомассы всех рыб Байкала [41].

Нерпа – долгоживущий вид, поэтому её половозрастная структура достаточно стабильная. Нерпа способна прожить до 60 лет [37], однако в настоящее время в выборках редко встречаются особи старше 30-35 лет [42, 43, 44]. Однако самки не имеют пострепродуктивного возраста (или не доживают до него), отчего относительное «постарение» животных, отмечаемое уже на протяжении более 30 лет, не снижает воспроизводительного потенциала популяции. Напротив, удельная рождаемость в популяции стабильно удерживается на уровне 21-24 %. При этом популяция обладает большим репродуктивным потенциалом: около половины численности популяции это молодые животные, которые не участвуют в воспроизводстве, что, несомненно, свидетельствует о высокой численности байкальской нерпы.

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу прогноза положены материалы обоснований ОДУ, выполненные в 2000-2020 гг., результаты экспедиционных исследований 2020 г., фондовые и литературные источники, данные официальной статистики добычи нерпы.

Сбор биологического материала для исследования состояния популяции байкальской нерпы осуществлялся в октябре-ноябре в местах наибольшей концентрации животных: заливы Чивыркуйский и Дагары. Для отлова нерпы использовались стандартные нерпичьи капроновые сети ячеей 120-150 мм. Всего в 2020 г. был проведен биологический анализ 164 особей (из них 104 экз. старше возраста 1⁺) нерпы.

Ледовые учетные работы по определению численности приплода нерпы 2020 года рождения проводились в апреле-мае по методике, изложенной В.Д. Пастуховым [37], в модификации Е.А. Петрова [42, 43, 44]. Учетная съемка проведена силами Байкальского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка состояния запасов байкальской нерпы осуществляется по материалам, собираемым в ледовый период (оценка абсолютной или относительной численности и биологических характеристик приплода), с плавающих льдов (размерно-возрастная и половая структура популяции, биологические характеристики разновозрастных животных) и осенью в период открытой воды (оценка репродукционного потенциала).

Численность приплода определялась путем подсчёта числа логовищ щенных самок (что соответствует количеству рожденных в данном году щенков) на учетных площадках, размером $1,5 \times 1,5$ км ($2,25$ км²), количество которых на каждом поперечном (с берега на берег) разрезе равнялось семи. Этот метод учёта на Байкале был внедрен в 1970-х гг. и подробно описан [37]. Для повышения точности учета впоследствии было увеличено количество разрезов, которые закладывались с учётом многолетних данных о распределении щенных самок в направлении юг-север. В 2020 г. было сделано 14 разрезов в южной и средней частях озера. При расчётах использованы данные Колокольцевой [45] о морфометрии Байкала. Площадь водного зеркала средней котловины принята равной 10469 км², северной – 13621 км². Из этих значений были вычтены площади акваторий, ограниченных 100 м изобатой (соответственно, 1562 и 1688 км²), поскольку в непосредственной близости к берегу щенные самки встречаются очень редко. Кроме этого, из величины площади средней котловины были исключены площади заливов Провал (196 км²), Баргузинского залива (791 км²) и пролива Малое Море (905 км²), а из площади северной котловины – площадь Чивыркуйского залива (268 км²), где щенные самки не встречаются.

Методика и первые результаты учета (1992 г.) были доложены на Международном совещании по учёту ледовых форм тюленей и получили одобрение (Report of the ICES/NAFO., 1993).

Половозрастная структура популяции нерпы исследовалась по материалам, сбор которых проводился в октябре-ноябре. Использовалась традиционная методика: возраст взрослых особей определялся по годовым кольцам на цементе клыков на поперечных срезах, а у нерп в возрасте до 6+ – по годовым сегментам когтей [37].

Репродуктивная активность самок оценивалась по данным о беременности самок в возрасте > 4+ лет, добытых в осеннее время на Селенгинском мелководье, в заливах Провал, Чивыркуйский и Дагары, когда беременность и успешность ее протекания можно определить непосредственно по наличию и степени развития плода. Материалы обработаны по схеме, приведенной в работе Г. Коли [46].

Все материалы сгруппированы по возрастным классам: неполовозрелые животные 1+-3+; возраст полового созревания (молодые самки) – 4+-6+; и взрослые, подразделенные на зрелых – 7+-12+, пожилых – 13+-19+, старых – 20+-29+ и долгожителей – > 30+. Последние две группы, включающие по 9 и более когорт, очень малочисленны и по ряду признаков могут считаться однородными.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Промышленная добыча байкальской нерпы не ведется с 2007 г., когда экспертная комиссия государственной экологической экспертизы не согласилась с обоснованием ОДУ в объеме 3500 голов и рекомендовала введение временного запрета на промысел нерпы. В последующем промышленная добыча нерпы была запрещена Правилами рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна (утв. приказом Росрыболовства от 7 апреля 2009 г. № 283). В новой редакции Правил рыболовства (утв. приказом Минсельхоза России от 7 ноября 2014 г. № 435) запрет промышленной добычи байкаль-

ской нерпы сохранен, разрешена добыча нерпы только при традиционном рыболовстве коренным малочисленным народам Севера, Сибири и Дальнего Востока, а также в научно-исследовательских целях. Введение запрета на промышленную добычу нерпы не было связано с ухудшением состояния ее популяции, а обусловлено продолжительным (1998-2005 гг.) периодом, когда не проводился учет численности пополнения.

Осуществленный в 2006 г. ледовый учет приплода показал, что величина пополнения в целом не отличается от данных предыдущих лет исследований (таблица 3.17).

Таблица 3.17 – Результаты учета численности приплода (щенков) байкальской нерпы в разные годы, экз.

Год	Южная часть	Средняя часть	Северная часть	По Байкалу
1972	3540 ± 1745 (±49%)	6650 ± 2539 (±38%)	8698 ± 2589 (±30%)	19954 ± 4759 (±24%)
1973	3256 ± 2116 (±65%)	4090 ± 1638 (±40%)	10759 ± 2747 (±25%)	19510 ± 5241 (±27%)
1980	3303	7521	12198	22259 ± 5303 (±24%)
1988	6252 ± 1955 (±31%)	13290 ± 4664 (±35%)	10214 ± 3768 (±37%)	29978 ± 3617 (±12%)
1992	5800 ± 1914 (±33%)	5278 ± 1993 (±38%)	Учет не проводили	-
1994	5400 ± 1380 (±26%)	7282 ± 1833 (±25%)	8839 ± 2107 (±24%)	23777 ± 3568 (±15%)
1997	5500 ± 1764 (±32%)	12587 ± 3969 (±31%)	7860 ± 2290 (±29%)	27032 ± 5209 (±19%)
2006	Учет не проводили	10666±3539 (±33%)	7503 ± 2331 (±31%)	~ 22700
2009	Учет не проводили	13289 ± 4600 (±35%)	Учет не проводили	~ 25600
2010	Учет не проводили	8671 ± 1605 (±19%)	Учет не проводили	~ 20100
2011	Учет не проводили	7917 ± 2454 (±31%)	Учет не проводили	~ 19180
2012	Учет не проводили	7235 ± 2172 (±30%)	8788 ± 2636 (±30%)	19231
2013	Учет не проводили	9048 ± 1809 (±20%)	10607 ± 2121 (±20%)	~23586
2014	Учет не проводили	7521 ± 2256(±30%)	Учет не проводили	~20504
2015	5824 ± 1456 (±25%)	9425 ± 1979 (±21%)	9219 ± 2112 (±23%)	24468 ± 3670 (±15%)
2016	5975 ± 1494 (±25%)	9913 ± 2776(±28%)	Учет не проводили	~25484
2017	Учет не проводили	9371±2382 (25%)	Учет не проводили	~24302
2018	6016±1263 (±21%)	9953±1952 (±19%)	10179±2006 (±19%)	26148±3402 (±13%)
2019	Учет не проводили	8270±1747 (±21%)	9533±2320 (±24%)	~23126
2020	6168±1952 (±32%)	11027±3211 (±29%)	Учет не проводили	~28148

В годы, когда проводился учет численности приплода на всей акватории Байкала (южной, средней и северной частях), например, в 1994 и 1997 гг., общая численность популяции насчитывала, соответственно, 104 и 116

тыс. животных [47]. После 1997 г. ледовый учет пополнения проводился чаще всего только в средней части озера, реже – в средней и северной. В 2015 году впервые за 20 лет учет приплода был проведен на всей акватории озера. В 2018 году учет приплода был вновь проведен на всей акватории озера. Согласно проведенным расчетам, численность всей популяции нерпы в эти годы оставалась на высоком уровне (2007 г. – 86 тыс. голов, 2008 г. – 90 тыс. голов, 2015 г. – 128,7 тыс. голов, 2018 г. – 137,4 тыс. голов).

С 2009 г. по настоящее время учетные работы проводятся Байкальским филиалом Госрыбцентра (с 2019 г. – Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО»). В 2018 году учет приплода был вновь проведен на всей акватории озера. За период исследований ФГБНУ «Госрыбцентр» численность пополнения нерпы колебалась в пределах 19,2–26,1 тыс. экз. (см. таблицу 3.17). Общая численность популяции составляла 94,6–137,4 тыс. животных.

К 2020 г. состояние популяции байкальской нерпы оценивалось на удовлетворительном уровне. Промысел животных ведется только в целях осуществления традиционной хозяйственной деятельности и обеспечения традиционного образа жизни коренных малочисленных народов Севера, а также в научно-исследовательских целях. Весь традиционный промысел сосредоточен в северной части озера Байкал. Всего представителями КМНС в 2020 г. добыто, по официальным данным, 1454 особи байкальской нерпы (в 2016 г. – 1562, 2017 г. – 2010, 2018 г. – 1594, 2019 г. – 1899). Определенная часть населения расположенных вблизи Байкала населенных пунктов занимается добычей нерпы в личных целях неофициально. Величина браконьерского изъятия в озере Байкал, по экспертным оценкам, составила 500 голов. Добыча нерпы в научно-исследовательских целях составила 164 экз.

Всего за 2020 г., по официальной статистике, было добыто 1620 экз. байкальской нерпы. С учетом незаконной добычи, изъятие составило порядка 2100 голов (таблица 3.18).

Таблица 3.18 - Промысловая статистика добычи и экспертная оценка неофициального изъятия байкальской нерпы

Годы	Среднегодовая добыча за период	Лимит или ОДУ	Источник	Незаконная добыча	Источник
1977-1983	5300	5500-6500	Гладыш и др., 1984 [48]	3000	Гладыш и др., 1984 [48]
1970-1980	2950		Пастухов, 1993 [37]	3600	Пастухов, 1993 [37]
1980-1985	5770			3600	
1986-1989	4844		Петров и др., 1997 [42]	-	Петров и др., 1997 [42]
1990-1994	3893	-			
1995-1998	1729	7000	Байкалрыбак-колхозсоюз	-	-
1999	1845	7860	ФГУ «Байкалрыбвод»	5000-6000	Экспертная оценка Востсибрыб-центр
2000	2381	3000		3000-4000	
2001	2824	3500		3000-4000	
2002	786	2000		1500-2000	
2003	1034	1500		3000-4000	
2004	1891	3000		3000-4000	
2005	2116	3500		2000-4000	
2006	2092	3500		1500-2000	
2007	0	0		300-1000	
2008	681	1500		500-1000	
2009	1090	2000		Ангаро-Байкальское ТУ Росрыболовства	
2010	1572	2500	500		
2011	1758	2500	700-1000		
2012	1365	2500	500-700		
2013	1755	2500	500-1000		
2014	547	2500	400-600		
2015	1434	2500	500-700		
2016	1631	2500	500		
2017	2078	3000	500		
2018	1742	3000	500		
2019	2091	3000	500		
2020	1620	3000	500		

В 2020 г. учет приплода байкальской нерпы проводился в южной и средней частях озера Байкал.

Расчетная численность щенков/самок в южной части озера – 6168, в средней – 11027 особей. Численность приплода в северной части озера в 2018

году составляла 63,7 % от общего количества в южной и средней частях. Приняв положение, что численность щенков в южной части составляет ту же часть, что и в 2018 г., можно рассчитать общее количество приплода на всей акватории озера. Общая численность приплода, согласно полученным данным, в 2020 г. равняется 28,1 тыс. особей (см. таблицу 3.18).

При расчете общей численности популяции использованы данные по относительной величине яловых самок и половозрастной структуре.

По сравнению с прошлым годом увеличился вклад в суммарную удельную рождаемость популяции возрастной группы 4⁺-6⁺ лет. Старые самки в силу своей малочисленности играют незначительную роль в поддержании численности популяции, хотя в отдельные годы их плодовитость может быть высокая. Резко вырос показатель яловости среди половозрелой части популяции $\geq 4^+$, составив 58 %.

Для оценки состояния запасов байкальской нерпы необходимо знать численность приплода нерпы, которая соответствует численности самок, принесших потомство в учетном году. Численность рожавших самок (в возрасте $\geq 4^+$) в 2020 г. равна 28,1 тыс. особей. При яловости 58 % численность всех самок этого возраста составит 48,4 тыс. особей. Взрослые самки (в возрасте $\geq 4^+$) составляют 70,5 % от всех самок. Таким образом, общая численность самок старше одного года составит 68,6 тыс. голов.

Доля самок от 1+ и старше в выборке составляет 65,3 % от общей численности особей старше 1+. Отсюда получаем общую численность самцов и самок – 105,1 тыс. особей (из них 36,5 тыс. – самцы). Численность популяции, следовательно, будет равна 68,6 тыс. самок + 36,5 тыс. самцов + 28,1 тыс. приплода = 133,2 тыс. голов (рисунок 3.19).

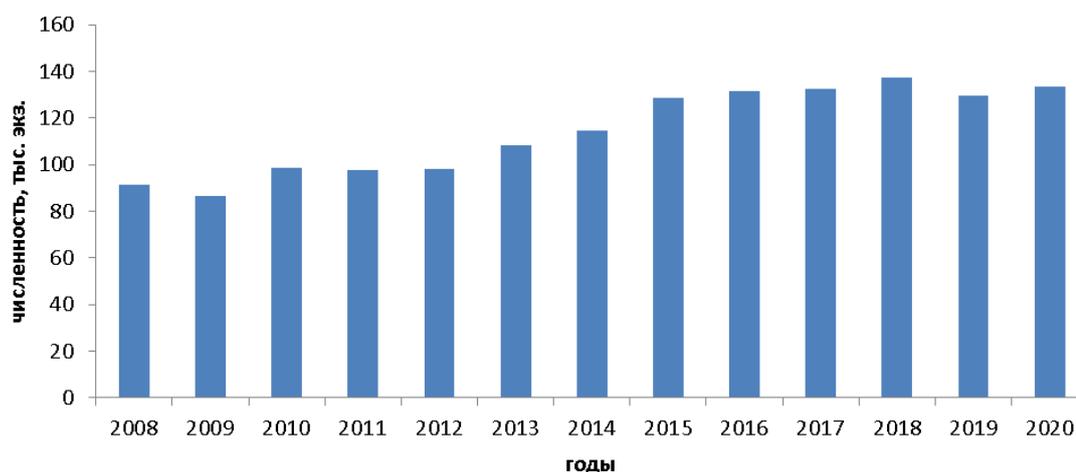


Рисунок 3.19 – Динамика численности популяции нерпы с 2008 по 2020 гг.

Небольшое увеличение общей численности популяции на 3,4 тыс. экз. в 2020 г., по сравнению с 2019 г. (129,8 тыс. экз.) можно считать статистически незначимым. Популяция в настоящее время находится на одном уровне, и ее прирост находится в пределах стандартной ошибки учета приплода (не была обследована северная акватория). Также нельзя исключать механизма саморегуляции популяции (увеличение показателя яловости до 58 %). Небольшой прирост популяции при резко возросшем показателе яловости стал возможен лишь благодаря сохранению большого репродукционного запаса в популяции.

Обоснование правил регулирования промысла

В настоящее время промысел нерпы в озере регламентируется Правилами рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна. Промышленная добыча байкальской нерпы запрещена. Промысел ведётся только в целях осуществления традиционной хозяйственной деятельности и поддержания традиционного образа жизни коренными малочисленными народами Севера и в научно-исследовательских целях.

Современное состояние популяции нерпы, судя по основным биологическим показателям её функционирования, можно оценить как довольно благополучное. В многолетней динамике наблюдается постепенное увеличение численности популяции.

Прогнозирование состояния запаса и обоснование ОДУ

Согласно расчетам, численность промыслового запаса байкальской нерпы в 2020 г. составила 133,2 тыс. экз. Общая численность байкальской нерпы, по сравнению с предыдущим годом, незначительно увеличилась. Небольшой прирост популяции при возросшем показателе яловости (до 58 %) стал возможен лишь благодаря сохранению большого репродукционного запаса в популяции.

К 2021 г. численность нерпы при отсутствии промышленной добычи будет находиться в стабильном состоянии, либо, скорее всего, увеличится с учетом пополнения 2019-2020 гг. Воздействие промысла при этом (изъятие 2-3 % запаса) будет минимально.

Общая величина изъятия нерпы в 2020 г. с учетом экспертной оценки незаконной добычи составила порядка 2100 голов (ОДУ – 3000 голов). ОДУ байкальской нерпы на 2021 г. утверждён также в объеме 3000 голов.

Промысел байкальской нерпы осуществляется в ледовый период и ориентирован в основном на добычу щенка-кумуткана. Добыча неполовозрелого молодого зверя оказывает на состояние популяции байкальской нерпы наименьшее воздействие, в отличие от промысла взрослых особей. Это происходит вследствие того, что молодняк не несет никакой репродуктивной нагрузки, т.е. не участвует в размножении.

Общая численность популяции к 2022 г. при данной промысловой нагрузке либо увеличится, либо останется стабильной (при изъятии промыслом 2-3% численности промыслового запаса), т.е. популяция легко выдерживает изъятие 4000 голов.

Тем не менее, до принятия решения о возобновлении промышленной добычи нерпы, т.е. внесения соответствующих изменений в Правила рыболовства, целесообразно на 2022 г. установить ОДУ нерпы в озере Байкал на уровне 2019-2021 гг. – в объёме 3000 голов (из них для Республики Бурятия – 2950 голов, для Иркутской области – 50 голов).

4. Оценка воздействия промысла на окружающую среду

Экологический мониторинг на озере Байкал осуществляется организациями Росгидромета, Росприроднадзора, Росводресурсов, Роснедр, Росрыболовства, Росреестра, а также уполномоченными органами власти субъектов федерации (Республика Бурятия, Иркутская область). Согласно государственному докладу «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2018 году» состояние озера Байкал в 2018 году не претерпело каких-либо заметных изменений, а качество его воды на протяжении десятилетий остается стабильным и намного превышает требования, предъявляемые к водам, используемым для питьевых целей. В структуре фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, других сообществ, а также в химическом составе воды не выявлено изменений, связанных с рыболовной деятельностью. Экологическое состояние озера по гидрохимическим и гидробиологическим показателям сохраняет относительную стабильность, наблюдаемые межгодовые колебания отдельных параметров невелики и не могут оказывать влияние на условия нереста, нагула и зимовки рыб.

При реализации деятельности, связанной с выловом (добычей) водных биологических ресурсов, влияния на земельные ресурсы, воздушный бассейн, подземные воды оказываться не будет. Деятельность по добыче водных биоресурсов не связана с образованием, складированием и утилизацией отходов.

Промысел омуля на Байкале ведется в основном ставными донными сетями и по причине их конструктивных особенностей не может повлиять на сообщества фито- и зоопланктона, зообентоса. Объёмы ОДУ омуля на 2022 г. рассчитаны, исходя из принципа предосторожного подхода, а также с учетом установленного запрета на его промышленную добычу. Предлагаемый к освоению ОДУ предназначается для обеспечения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов, отлова производителей для целей искусственного

воспроизводства, а также мониторинговых научных исследований, и направлен на сохранение и увеличение запасов байкальского омуля.

Промысел сига и хариуса на Байкале ведется, также как и промысел омуля, в соответствии с действующими правилами рыболовства и установленными величинами ОДУ. Распределение промысловой нагрузки на популяции сига и хариуса будет осуществляться с учетом различий их запасов по отдельным рыбопромысловым районам. Так, например, исключен промысел черного хариуса в Южнобайкальском промрайоне.

Промысел нерпы КМНС в настоящее время сконцентрирован в основном в северной части озера, и направлен на добычу сетями преимущественно щенка-кумуткана. С 2016 г., после внесения изменений в Правила рыболовства, сроки начала добычи нерпы для КМНС установлены с 11 апреля, т.е. на две недели раньше прежней даты. Однако продолжительность промысла в 2020 г. оставалась небольшой (ввиду раннего распаления льда) и представители малых народностей не способны за столь короткие сроки оказать какое-либо существенное влияние на популяцию байкальской нерпы. При небольших масштабах промысла (50% от биологически обоснованной величины 5000-6000 голов), применяемых орудиях и краткосрочности добычи промысел нерпы не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

Оценка допустимого воздействия на объекты животного мира включает в себя определение объемов общих допустимых уловов (ОДУ) водных биоресурсов, рассчитанных в рамках подготовки настоящих материалов.

Таким образом, осуществление регулируемого вылова перечисленных видов водных биоресурсов не только не ухудшит состояние их запасов, а напротив, будет способствовать сохранению популяций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с проведенным анализом состояния запасов байкальского омуля, учитывая введенный запрет на его промышленную добычу и дополнительные ограничения для традиционного рыболовства, рекомендуется установить ОДУ омуля в озере Байкал с впадающими в него реками в 2022 г. в объеме 150 т, в том числе для Республики Бурятия – 145 т, Иркутской области – 5 т. При утверждении данной величины ОДУ, с учетом предосторожного подхода, целесообразно предусмотреть приоритет вылова омуля в целях искусственного воспроизводства и ведения мониторинга состояния запасов.

В условиях запрета на промышленную добычу омуля и возможность возобновления специализированного лова сига, рекомендуется установить ОДУ сига на 2022 г. в пределах оценок, данных для 2008-2010 и 2020-2021 гг., т.е. 30 т, в том числе для Республики Бурятия – 26 т, для Иркутской области – 4 т.

ОДУ хариуса (белого и черного) на 2022 г. предлагается в объеме 30 т, в том числе для Республики Бурятия 25 т, для Иркутской области – 5 т.

ОДУ байкальской нерпы на 2022 г., с учетом существующего запрета на ее промышленную добычу, рекомендуется установить на уровне 2019-2021 гг., т.е. в объеме 3000 голов (из них для Республики Бурятия – 2950 голов, для Иркутской области – 50 голов).

Список использованных источников

- 1 Матвеев А.Н., Пронин Н.М., Самусенок В.П., Соколов А.В., Бобков А.И. Фауна, атлас-определитель и ресурсы рыб озера Байкал. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – 124 с.
- 2 Байкал: природа и люди / Отв. ред. чл.-корр. А. К. Тулохонов. – Улан-Удэ: ЭКОС : Издательство БНЦ СО РАН, 2009. – 608 с.
- 3 Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2019 году». – Иркутск: АНО «КЦ Эксперт», 2020. – 342 с.
- 4 Путь познания Байкала / Афанасьева Э. Л., Бекман М. Ю., Безрукова Е. В., и др. – Новосибирск : Наука, 1987. – 305 с.
- 5 Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 1999. – 280 с.
- 6 Рыбы озера Байкал и его бассейна / Н. М. Пронин, А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок и др. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. – 284 с.
- 7 Байкаловедение: в 2 кн. – Новосибирск: Наука, 2012. – Кн. 2. – 644 с.
- 8 Кожова О. М., Павлов Б. К. Экологические последствия поднятия уровня Байкала в связи со строительством Иркутской ГЭС / Чтения памяти профессора М. М. Кожова: Материалы V международной конференции. – Новосибирск : Наука. – Том 2, 1995. – С. 145–150.
- 9 Цыдыпов Б. З., Гармаев Е. Ж., Аюржанаев А. А., Андреев С. Г., Батоцыренов Э. А., Алымбаева Ж. Б. Пространственно-временная динамика береговой линии севера оз. Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 11 (94). – С. 111–116.
- 10 Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – 153 с.
- 11 Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / Отв. ред. Тимошкин О.А. – Новосибирск: Наука, 2001. Т.1, ч.2.: Озеро Байкал. – 560 с.

- 12 Поповская Г.И. Динамика фитопланктона пелагиали (1964–1974 гг.) / Биологическая продуктивность пелагиали Байкала и ее изменчивость. Новосибирск : Наука, 1977. – С. 5–39.
- 13 Пислегина Е.В., Павлов Б.К., Зилов Е.А. Временная изменчивость численности и биомассы вида эдификатора байкальского зоопланктона *Epischura baicalensis* Sars/ Экосистемы и природные ресурсы горных стран. – Новосибирск: Наука, 2004. – С. 123–127.
- 14 Pislegina E., Silow E. Long-term dynamics of Baikal zooplankton and climate change// 13th World Lake Conference, 2009. <http://lake.baikal.ru/ru/library/publication.html?action=show&id=639>.
- 15 Афанасьева Э. Л. Биология байкальской эпишуры. – Новосибирск: Наука, 1977. – 144 с.
- 16 Melnik N.G., Timoshkin O.A., Sideleva V.G., Pushkin S.V., Mamylov V.S. Hydroacoustic measurement of the density of the Baikal macrozooplankter *Macrohectopus branickii* // Limnology and Oceanography; 1993; 38(2). – С. 425–434.
- 17 Смирнов В. В. Экология байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgy) / В. В. Смирнов. – Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Екатеринбург, 1997. – 42 с.
- 18 Смирнов В. В., Шумилов И. П., Омули Байкала. Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1974.- 160 с.
- 19 Калягин Л.Ф., Майстренко С.Г. Динамика распределения морфо-экологических групп байкальского омуля по акватории Байкала // Экологически эквивалентные виды гидробионтов в великих озерах мира: Материалы международного симпозиума. - Улан-Удэ, 1997. - С. 33 - 35.
- 20 Майстренко С.Г., Майстренко М. А. Многолетняя динамика основных биологических показателей морфо-экологических групп байкальского омуля (*Coregonus autumnalis migratorius*, Georgi) // Сибирский экологический журнал. - Новосибирск, 1997.- С. 417- 423.
- 21 Смирнов В.В., Мамонтов А.М., Смирнова-Залуми Н.С., Соколов А.В.,

- Мельник Н.Г., Кудрявцев В.И. Учет ресурсов омуля и рекомендации к проведению его мониторинга гидроакустическим методом // Гидроакустический учет ресурсов байкальского омуля. – Новосибирск: Наука, 2009. – С. 203-213.
- 22 Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). М., Издательство ВНИРО, 2000 г., 190 с.
- 23 Васильев Д.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611764. Реестр программ для ЭВМ. 2006.
- 24 Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. Васильев Д.А., Ильин О.И., Ковалев Ю.А., Михайлов А.И., Михеев А.А., Петухова Н.Г., Сафаралиев И.А., Четыркин А.А., Шереметьев А.Д. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: ВНИРО, 2018. 312 с.
- 25 Баранов Ф.И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Известия отдела рыбоводства и науч.-промысл. исслед. – 1918. – Т. 1. – Вып. 1. – С.84-128.
- 26 Суходолов А.П., Федотов А.П., Макаров М.М., Аношко П.Н., Губий Е.В., Зоркальцев В.И., Сорокина П.Г., Мокрый И.В., Лебедева А.В. Математическое моделирование оценки численности байкальского омуля в системе социально-экономических и правовых аспектов экологической правонарушаемости // Всероссийский криминологический журнал. – 2019. – Т. 13. – № 5. – С. 757–771.
- 27 Суходолов А.П., Федотов А.П., Аношко П.Н., Колесникова А.В., Сорокина П.Г., Мамонова Н.В. Математическое моделирование в исследовании комплекса детерминантов незаконного вылова водных биоресурсов (омуля) в озере Байкал // Всероссийский криминологический журнал. – 2020. – Т. 14. – № 1. – С. 76–86.
- 28 Петерфельд В.А., Соколов А.В. Современное состояние запасов омуля (*Coregonus migratorius*, Georgi) в озере Байкал // Рыбное хозяйство. – 2016. – № 3. – С. 72–75.

- 29 Баранов Ф.И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства.- Избранные труды. М., Пищевая промышленность, 1971, т. III, с.12-56.
- 30 Тюрин П.В. Биологическое обоснование регулирования рыболовства на внутренних водоемах. - М., Пищепромиздат, 1963, 120 с.
- 31 Тюрин П.В. "Нормальные" кривые переживания и темпы естественной смертности рыб, как теоретическая основа регулирования рыболовства. - Изв.ГосНИОРХ, т.71, 1972, с.71 - 128.
- 32 Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. - М., Пищевая промышленность, 1979. – 408 с.
- 33 Тугарина П.Я. Хариусы Байкала.- Новосибирск, 1981, 281 с.
- 34 Книжин И.Б., Вайс С. Дж., Кирильчик С.В, Суханова Л.В. К вопросу о систематическом положении хариусов бассейна озера Байкал. Тр. кафедры зоологии позвоночных ИГУ, т.1, Иркутск, 2001. С. 147-151.
- 35 Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. Т.1. / Под ред. Ю.С. Решетникова М.: Наука, 2002. – 379 с.
- 36 Рыбы озера Байкал и его бассейна // Н.М. Пронин, А.Н. Матвеев, В.П. Самусенок, А.И. Бобков, А.В. Соколов и др. – Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. – 284 с.
- 37 Пастухов В.Д. Нерпа Байкала. Новосибирск: «Наука», 1993. – 271 с.
- 38 Гурова Л.А., Пастухов В.Д.. Питание и пищевые взаимоотношения пелагических рыб и нерпы Байкала. – Новосибирск: Наука, 1974.- 186 с.
- 39 Петров Е.А., Сиделева В.Г., Стюарт Б., Мельник Н.Г. Питание байкальской нерпы: состояние проблемы. 5. Нырательное поведение и экология питания // Сиб. биол. журн., 1993. N. 6. - С. 32-41.
- 40 Егорова Л.И., Елагин О.К., Иванов М.К., Казачишина И.Ю., Петров Е.А.. Питание байкальской нерпы: состояние проблемы. 1. Метод и результаты исследования питания в конце 80-х годов // Сиб. биол. журн. - N4. - 1992. - С. 40-47.
- 41 Sideleva V.G. The Ichtyofauna of Lake Baical, with Special Reference to its

- Zoogeographical Relations // Advances in Ecological Research (Ed. by A.Rossitter, H.Kawanabe), Vol.31. Academic Press, San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, 2000.- p.81-96.
- 42 Петров Е.А., Воронов А.В., Егорова Л.И., Иванов М.К., Сармин Д.Р., Су-
ров А. П. Половозрастная структура и репродуктивный потенциал бай-
кальской нерпы *Pusa sibirica* (PINNIPEDIA, PНОСЮА) // Зоол. журн.,
1997. - Т. 76, №6.-С. 743-749.
- 43 Петров Е.А. Байкальская нерпа (*Pusa sibirica*): состояние популяции,
промысел и перспективы организации экологического туризма // Мор-
ские млекопитающие (Результаты исследований проведенных в 1995-
1998 гг.). - М., 2002. - С. 415-431.
- 44 Петров Е.А. Байкальская нерпа: эколого-эволюционные аспекты.\\ Авто-
реф. дисс. докт.биол.наук. – Улан-Удэ, 2003. - 38 с.
- 45 Колокольцева Э.М. Морфологическая характеристика Байкала // Мезо-
зойские и кайнозойские озера Сибири. – М., 1968. – С. 183-188.
- 46 Коли Г. Анализ популяций позвоночных.- М.: Мир. 1979. - 234 с.
- 47 Петров Е.А. Байкальская нерпа. – Улан-Удэ: ИД «ЭКОС», 2009. – 176 с.
- 48 Гладыш А.П., Пронин Н.М., Жалцанова Д. С. Д. Многолетние изменения
биологических показателей и зараженности байкальской нерпы. –
Сб.науч.трудов ГосНИОРХ. – Вып. 211. - Ленинград, 1984. – С.100-108.