

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

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»  
(«ВНИИПРХ»)

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Руководитель Филиала  
по пресноводному рыбному хозяйству  
ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)

\_\_\_\_\_ А.В. Мышкин

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Материалы, обосновывающие общий допустимый улов водных  
биологических ресурсов в Угличском водохранилище, в границах  
Ярославской области и Рыбинском водохранилище на 2023 год, включая  
материалы оценки воздействия на окружающую среду**

## Введение

Рыбные ресурсы внутренних водоемов вносят весомый вклад в решение продовольственных задач, а также проблемы занятости местного населения, особенно в тех регионах России, где за годы реформ резко сократилось число рабочих мест. Сравнительно низкие официальные цифры вылова не отражают реальной значимости рыболовства в пресноводных водоемах. Необходимо принимать во внимание большие объемы неучтенного вылова, которые формируются за счет браконьерства и хищений на легальном промысле.

Согласно данным официальной статистики в конце 80-х годов прошлого столетия, вылов рыбы в пресноводных водоемах России (исключая вылов в дельте Волги) достигал 120 тыс. т. Однако фактический годовой вылов в эти годы находился на уровне 200-220 тыс. т. В 2006 г. величина официального вылова рыбы в целом по стране составила всего 65 тыс. т, фактический вылов – около 180 тыс. т. Тенденция снижения общего вылова обусловлена, в первую очередь, причинами экономического характера, приводящими к сворачиванию промысла в ранее осваиваемых отдаленных районах и снижения рыбных запасов из-за усиления нагрузки на водоемы, расположенные в густонаселенных районах с хорошо развитой инфраструктурой. В результате чрезмерно интенсивной эксплуатации продукционные возможности популяций промысловых рыб снижаются, а дальнейшее увеличение промысловой нагрузки приводит к значительному перелову.

В настоящее время, когда в большинстве водоемов состояние запасов рыб, являющихся традиционными объектами промыслового или любительского лова, находится в напряженном состоянии, возникла реальная угроза необратимого подрыва воспроизводственных возможностей популяций наиболее ценных с коммерческой точки зрения видов. Сложившаяся неблагоприятная ситуация во многих случаях усугубляется неполнотой и низким качеством доступной информации, необходимой для управления запасами. Все это заставляет пересмотреть приоритеты, поставив на первое место гарантированное обеспечение биологической безопасности биоресурсов в условиях возрастающей информационной неопределенности (Бабаян, 2000).

Изменения в политическом и экономическом развитии нашей страны внесли свои коррективы во все области экономики, в том числе и рыбную промышленность. Несовершенство правовой базы в области рыболовства оказывает самое негативное влияние на состояние рыбных запасов во всех водоемах, включая и моря.

Начавшийся с 1991 г. развал структуры государственного лова рыбы, привел в настоящее время к образованию аморфной слабоуправляемой структуры из множества частных предприятий. Многочисленные необоснованные реформы и сокращения в сфере рыбоохраны привели к резкому ослаблению контроля над промыслом. Существующая на современном этапе структура рыбоохраны не отвечает современным требованиям и не в состоянии контролировать изъятие рыбы из водоемов. Это порождает благоприятную среду для возникновения теневой системы изъятия и реализации рыбы.

В настоящее время на большинстве эксплуатируемых водоемов промысел ориентирован на преимущественный вылов наиболее ценных с коммерческой точки зрения видов рыб, т.е. обладающих высокой рыночной стоимостью, таких как осетровые, сиговые, лососевые, судак. Но даже в отсутствии рыб вышеуказанных семейств, в каждом водоеме существуют свои коммерчески приоритетные виды рыб, вылов которых ведется в первую очередь. Большая часть улова таких видов приходится на теневую систему изъятия и реализации рыбы. Так, по данным инспекции рыбоохраны на Рыбинском водохранилище до заготовительных пунктов не доходит от 30% до 40% леща, до 50% щуки, от 70 до 100% судака, сома и других ценных и редких видов. Опросы рыбаков подтверждают эти цифры.

Однако в последнее время влияние чрезмерной интенсивности промысла стало прослеживаться не только на запасах наиболее ценных видов рыб, но и на массовых видах, коммерческая ценность которых до настоящего времени оставалась низкой. Причиной является смена приоритетов на фоне значительного снижения запасов более ценных видов рыб. Существующая добывающая структура за неимением достаточного запаса ценных видов переносит добывающие мощности на менее ценные, и так по цепочке.

Как правило, рыбаки стараются не декларировать уловы ценных видов, и реальное их изъятие неизвестно. В большинстве случаев оно значительно превышает объемы устанавливаемых для них ОДУ. Таким образом, низкий уровень официального вылова связан не только с сокращением рыбных запасов, но и с недоучетом промысловой статистикой значительной наиболее ценной части улова.

Поскольку на большинстве внутренних водоемов (в том числе и на Рыбинском водохранилище) формирование первичных отчетных материалов по изъятию ВБР отдано на откуп пользователям, а контроль за этим процессом настолько слаб, что его наличием можно пренебречь, необходимо в ходе процедуры определения ОДУ использовать данные прямых методов определения запаса. Так, научно-исследовательский лов на контрольно-наблюдательном пункте, тралово-акустическая съемка позволяют оценить многолетние тенденции динамики биомассы ВБР, а также их соотношение в водоеме, а, следовательно, и в промысловых уловах. Многолетние ряды данных, полученных по единым методикам, могут использоваться на различных этапах определения ОДУ. На этапе, предшествующем применению модельного метода, на основании информации о промысловом изъятии малоценных видов (синец, плотва), опираясь на определяемый инструментально видовой состав ВБР в водоеме, подвергаются корректировке официальные данные по изъятию ценных видов (судак, лещ и щука). На завершающем этапе определения ОДУ адекватность значений, полученных модельным методом, критически оценивается в сравнении с абсолютной величиной промыслового запаса вида, определяемой тралово-акустической съемкой. Так значительно снижается риск принятия величин ОДУ, чрезмерно завышенных или заниженных моделью по причине низкого качества исходных данных, а именно – недостоверной промысловой статистики.

Таким образом, получение наиболее точных оценок ОДУ на большинстве внутренних водоемов возможно только при наличии результатов прямой оценки запаса (тралово-акустическая съемка), а также мониторинга состояния ВБР (лов на контрольно-наблюдательном пункте), дополняющих и корректирующих имеющуюся статистику изъятия, позволяющих оценить адекватность конечного результата.

## 1. Рыбинское водохранилище. Общая характеристика водоема

Рыбинское водохранилище расположено на территории 3-х областей: Ярославской, Тверской и Вологодской, Площадь зеркала при НПУ 102 м БС составляет 455 тыс. га, в том числе: Ярославская область – 320.32, тыс. га, Вологодская область – 123.76 тыс. га, Тверская область – 10.92 тыс. га. Образовано перекрытием земляной плотины реки Волги в районе н. п. Переборы и реки Шексны в районе г. Рыбинска. Наполнение водохранилища началось в 1942 году и закончилось в 1949 году. В водохранилище выделяются четыре основных плеса: Волжский, Моложский, Шекснинский и Главный. Первые три располагаются по долинам соответствующих рек и представляют собой вытянутые сравнительно узкие участки. Озеровидный Главный плес водохранилища занимает 68% его площади.

Бассейн водохранилища имеет хорошо развитую речную сеть. Наиболее крупные притоки Рыбинского водохранилища – Волга, Молога, Шексна и Суда составляют 75% всей площади водосбора.

Основной приходной составляющей водного баланса водохранилищ является речной сток, дающий 94% суммарного поступления воды в Рыбинское водохранилище. В расходной части баланса главную роль играет сброс через Рыбинский (93.7% суммарного расхода). Приток воды в водохранилище и сброс из него существенно меняется в различные по водности годы.

Уровень Рыбинского водохранилища и характер его изменения (в том числе и во внутригодовых циклах) определяется водностью года и режимом регулирования стока. При этом средняя многолетняя амплитуда сезонных изменений уровня составляет 3.37 м, а в отдельные годы более 5 м. В сезонном ходе уровня максимум, величина которого существенно зависит от объема половодья и отметки зимней сработки, наблюдается в конце весеннего наполнения. При глубокой зимней сработке и сравнительно небольшом объеме весеннего половодья уровень к концу наполнения может быть значительно ниже НПУ. В годы, по водности близкие к многоводным, снижение уровня в летне-осенний период составляет 0.24-0.59 м, а в средние по водности и маловодные годы может достигать 1.5 м. При этом колебания

его средних величин редко превышает 5 см/сут. С началом зимнего периода интенсивность понижения уровня водохранилища увеличивается и составляет в среднем 2.13 м. Вследствие мелководности водохранилища с колебаниями уровня тесно связаны изменения его площади и объема.

В настоящее время состав ихтиофауны Рыбинского водохранилища представлен 39 видами рыб. Основу скоплений и, соответственно, уловов демерсальных рыб составляют лещ *Abramis brama* L, синец *Abramis ballerus* L, плотва *Rutilus rutilus* L и судак *Zander lucioperca* L. Эти виды постоянно присутствуют в промысловых уловах, и на них приходится до 90 % от числа или массы пойманных рыб. С более низкими количественными показателями, но часто встречающимися в уловах являются щука *Esox lucius* L, густера *Blicca bjoerkna* L, чехонь *Pelecus cultratus* L, окунь *Perca fluviatilis* L и налим *Lota lota* L.

Основу пелагического комплекса Рыбинского водохранилища составляют мелкие пелагические виды: снеток *Osmerus eperlanus* L, (преобладающий по численности в пелагиали вид до 1996 г.); черноморско-каспийская тюлька *Clupeonella cultriventris*, Nordmann (новый для водохранилища вид, преобладающий по численности в пелагиали с начала 2000-х гг.), молодь окуневых (окунь, судак) и молодь карповых (синец, лещ и уклея *Alburnus alburnus* L). Часто, но в небольшом количестве встречаются ряпушка *Coregonus albula* L, чехонь, плотва.

На рисунке 1 приведена сетка станций ежегодных тралово-акустических съемок, проводимых ИБВВ РАН на акватории Рыбинского водохранилища.



Рисунок 1. Схема расположения станций наблюдения на Рыбинском водохранилище

## 2. Лещ (*Abramis brama* (L.))

### Адресная информация

Объект оценки: лещ (жилая форма) (*Abramis brama* (L.)).

Водоем: Рыбинское водохранилище, Северный рыбохозяйственный район Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

### Общая характеристика объекта

Динамику популяционных показателей леща за весь период существования Рыбинского водохранилища во многом определяла промысловая нагрузка (Герасимов и др., 2010). Для динамики показателей средней длины, массы и возраста леща из уловов исследовательского трала снижение практически всех показателей наблюдалось в период с 1980-е по 2000-е гг. Наблюдалось снижение уловов ( $b = -0.71$ ) сопровождавшееся снижением среднего возраста ( $b = -0.53$ ) и длины ( $b = -0.54$ ) (критерий Манна–Уитни –  $U = 0.5$ ,  $p < 0.01$  и  $U = 22$ ,  $p < 0.01$ ). В период высокой численности леща в 1980-е гг. его популяция характеризовалась высокими показателями среднего возраста и размера (Рисунок 2.1 а). Однако к концу 1999 гг. в результате очередного увеличения промысловой нагрузки и последующего сокращения численности леща показатели среднего возраста и размера снова снизились (соответственно  $b = -0.76$  и  $b = -0.68$ ) (Рисунок 2.1 б). Появление в уловах в 2000-е гг. старших возрастных групп (17+ и 19+), не встречавшихся в предыдущие годы исследований, очевидно, связано с отсутствием в настоящее время промысловых тральщиков, которые прежде облавливали скопления на русловых участках, где в основном и встречаются такие крупные экземпляры.

За все время существования водохранилища устойчивая тенденция к снижению наблюдалась и в показателе среднего возраста производителей. По данным Захаровой (1955), в начале 1950-х гг. у леща Рыбинского водохранилища первые половозрелые особи появлялись в возрасте 7+, но составляли они не более 3% общего числа 7-летних особей в уловах. Средний возраст производителей в 1950-е гг. составлял 11.3 года (Рисунок 2.2), а предельный возраст неполовозрелых особей достигал 14+. В 1960-е и 1970-е гг. появление первых половозрелых особей также



отмечалось в возрасте 7+, однако их доля среди семилетних особей увеличилась в 6 раз. При этом средний возраст производителей снизился до 10.2 года, а максимальный возраст незрелых особей – до 13+.

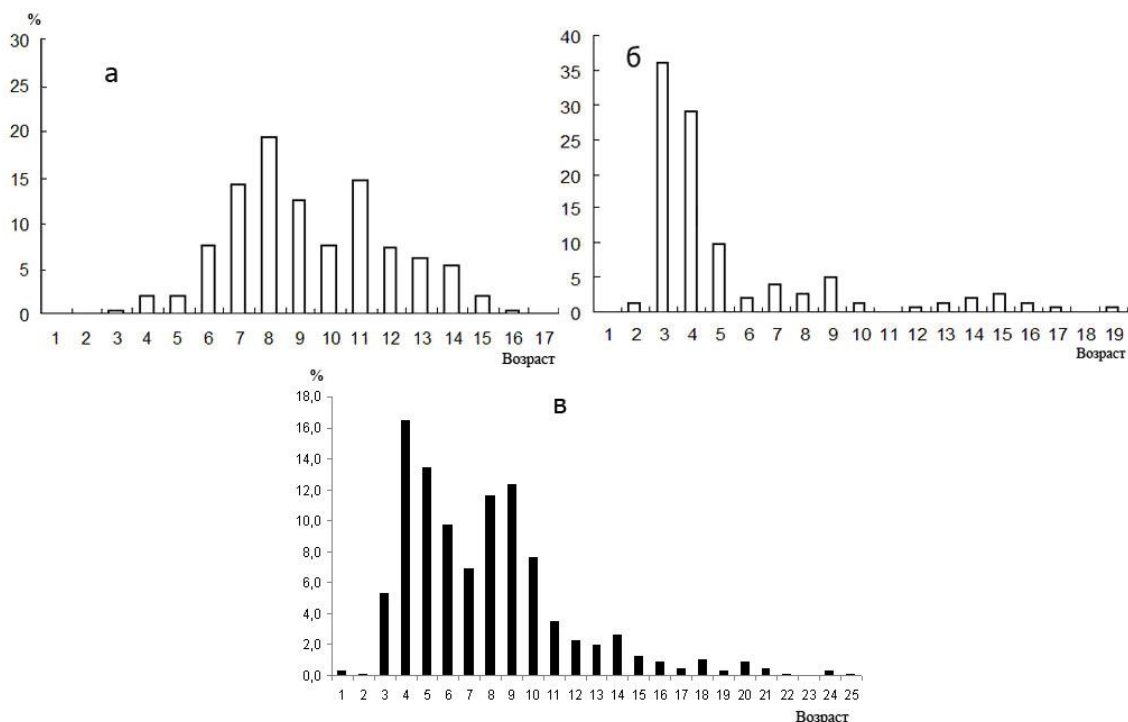


Рисунок 2.1. Динамика возрастного состава популяции леща: а – 1980-е – 1990-е гг.; б – 2000-е гг.; в – 2010 гг.

В конце 1980-х и в 1990-е гг. половозрелые особи встречались уже в 4-летнем возрасте и составляли до 60% общего числа 4-летних рыб в уловах, а максимальный возраст незрелых особей снизился до 10+. Средний возраст производителей составлял до 8 лет. В 2000-е годы все показатели достигли минимальных значений. Половозрелые особи отмечаются уже в 3-летнем возрасте, а в 8-летнем возрасте все особи в уловах половозрелые. Средний возраст производителей сократился до минимальных значений за весь период наблюдений – 6.9 года.

В 2010-х годах возрастная структура скоплений леща стала восстанавливаться, на глубоководных участках водохранилища, в отсутствии тралового лова, стали чаще встречаться старшевозрастные особи.

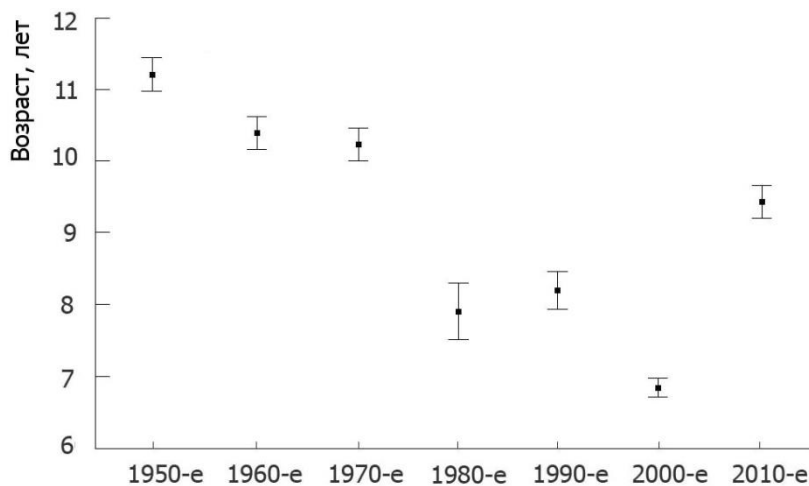


Рисунок 2.2. Динамика среднего возраста производителей леща Рыбинского водохранилища

Снижение показателей средней длины, массы и возраста леща, а также сдвиг сроков наступления половой зрелости на младшие возрастные группы в данном случае, вероятно, является следствием высокой промысловой смертности наиболее ценных в коммерческом отношении средне- и старшевозрастных особей при их интенсивном селективном вылове. Это же показано Г.В. Никольским (1961) на примере Аральского леща интенсивный вылов которого привел к значительному омоложению его возрастного состава.

Возможно, что снижение возраста производителей послужило причиной изменений и в соотношении полов. Так, по данным Гомельского и Фетисова (1977), группы особей, различающиеся темпом полового созревания, различаются и по соотношению полов в потомстве – в группах рано созревающих особей доля самцов выше.

До конца 1980-х преобладание самцов в возрастных группах 4–6 лет сменялось равновесным соотношением полов среди особей в возрасте 8–11 лет, а в старших возрастных группах уже доминировали самки, то есть с возрастом наблюдалось постепенное снижение доли самцов ( $b = -0.92$ ). Подобная закономерность была отмечена и для других видов рыб, что обусловлено разной продолжительностью жизни самцов и самок: преобладание самцов в младших возрастных группах постепенно сглаживается вследствие большей их естественной смертности, и в дальнейшем наблюдается преобладание самок (Константинов, Невинский, 1969; Денисов, 1970).

Анализ уловов леща из экспериментального трала на Рыбинском водохранилище в 1990-е гг. показал, что в условиях интенсивного промысла доля самцов увеличивается. Поскольку самки, вследствие их более крупных размеров по сравнению с одновозрастными самцами, более уязвимы для промысла, и поэтому их численность в результате высокой промысловой смертности снижается быстрее. В 2000-е гг. численное преобладание самцов сохранялось, но в период с 2010 по 2013 гг. этот показатель вышел на уровень 1970-х гг. (Рисунок 2.3). Вероятнее всего, причина подобных изменений заключается в том, что в отсутствии тралового промысла на глубоководных участках водохранилища половая структура леща восстанавливается, появляется больше старшевозрастных рыб, среди которых преобладают самки (Рисунок 2.2).

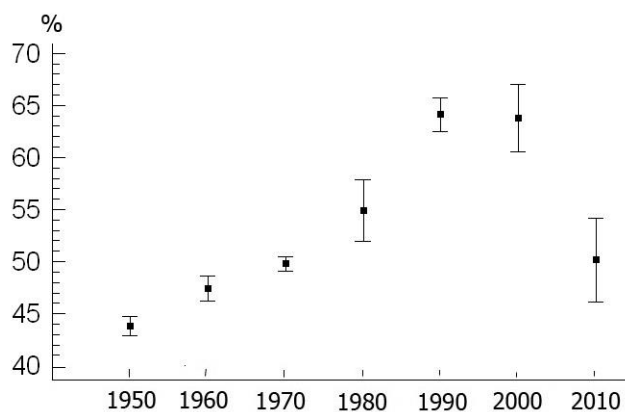


Рисунок 2.3. Динамика доли самцов леща в уловах исследовательского трала.

По оси абсцисс – десятилетия

Причиной подобных изменений в популяции леща является меняющаяся интенсивность промысла (легальная и нелегальная). Это подтверждает анализ данных по размерно-весовым показателям леща Рыбинского водохранилища из уловов исследовательского трала за период с 1950-х по 2000-е гг., который свидетельствует о том, что в разные периоды формирования водохранилища они оставались сходными. Характер кривых линейного и весового роста леща за 6 десятилетий практически не изменился. Всё это указывает на относительное постоянство основных факторов, определяющих темп роста леща в Рыбинском водохранилище. Это же подтверждается данными по накоплению полостного жира. Этот показатель имеет обратную зависимость от численности популяции леща

Рыбинского водохранилища ( $r=-0.98$ ;  $p<0.01$ ). Самого высокого значения данный показатель достиг в 2000-х гг. и в период с 2010 по 2013 гг. остался без изменения (Рисунок 2.4), когда численность популяции снизилась до минимальных значений, что, очевидно, привело к уменьшению внутривидовой пищевой конкуренции.

Вместе с тем, в динамике линейных и весовых показателей одновозрастных групп леща за весь период исследований отмечается тенденция к снижению средних размеров особей младшего возраста – 3+–7+ (коэффициент регрессии разных возрастных классов варьирует от  $-0.52$  до  $-0.64$ ,  $p < 0.01$ ). У особей в возрасте 8+–12+ достоверные изменения не отмечены, в то время как у возрастных групп 12+ и старше наблюдалась относительно слабая, но достоверная тенденция к увеличению линейных и весовых показателей роста ( $r = 0.33$ ,  $p < 0.05$ ).

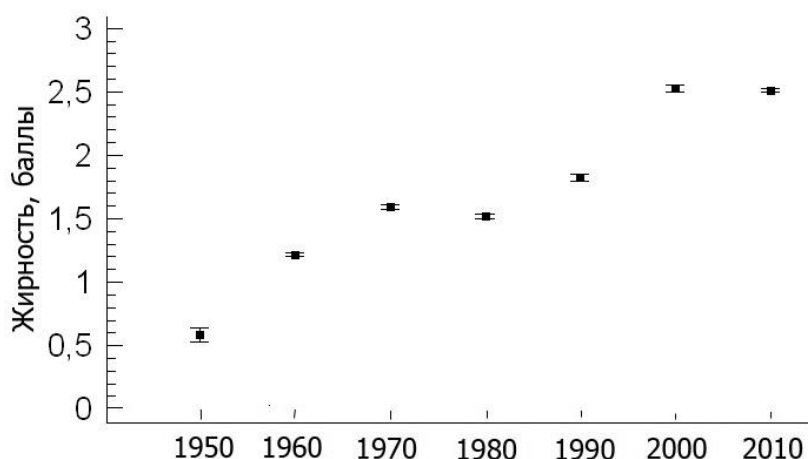


Рисунок 2.4. Динамика показателя жирности леща в уловах исследовательского трала.

По оси абсцисс – десятилетия

Причина указанных разнонаправленных трендов в динамике изучаемых показателей одновозрастных групп леща, скорее всего, заключается в различных кормовых условиях. При относительно стабильных и благоприятных условиях воспроизводства и слабом использовании промыслом особи младших возрастных групп достигают в водохранилище высокой численности, что обуславливает напряжённость внутривидовых трофических отношений. Кроме того, они вступают в конкурентные трофические отношения с такими многочисленными видами, как

плотва и густера. В то же время, малочисленные старшие особи в настоящее время не имеют напряжённых внутривидовых и межвидовых трофических отношений.

За весь исследуемый многолетний период запас леща в Рыбинском водохранилище имел устойчивую тенденцию к снижению обусловленную, в первую очередь, промысловой нагрузкой. При этом существенно снизились показатели среднего возраста и длины особей в исследовательских уловах. Возрастные группы старше 7–10 лет, составлявшие в прежние годы значительную часть уловов, сейчас представлены крайне незначительным количеством особей, а основу промыслового стада леща в настоящее время составляют особи младших возрастов. Сроки появления первых половозрелых особей сместились с 7- на 3-летний возраст, средний возраст производителей на нерестилищах снизился с 11.3 до 6.9 года. Наблюдавшееся ранее соотношение полов, близкое к 1:1, изменилось в сторону существенного преобладания самцов.

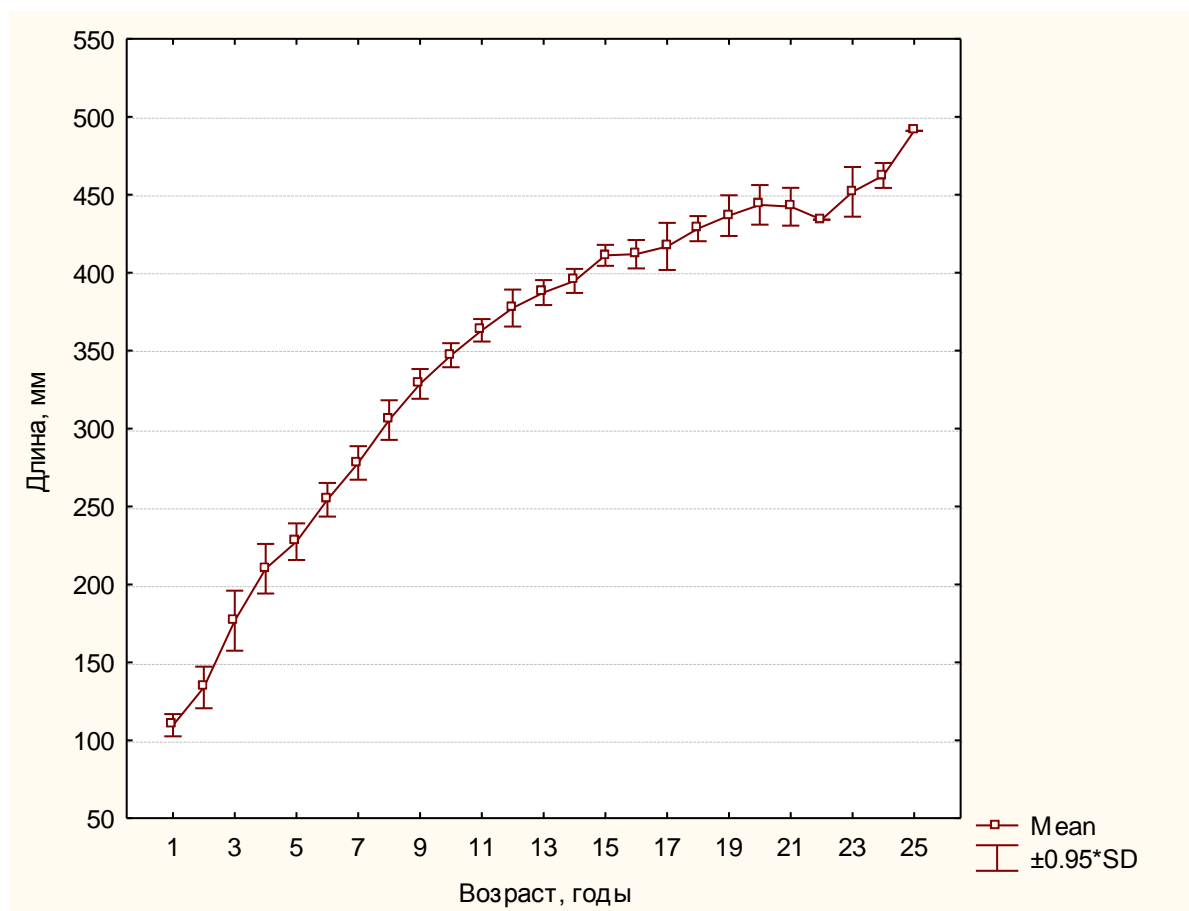


Рисунок 2.5. Промысловая длина леща Рыбинского водохранилища разных возрастных групп

В соответствии с правилами рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, утвержденными приказом Минсельхоза России №453 от 18.11.2014 г. (с изменениями на 19.04.2016 г.), минимальный промысловый размер леща в Рыбинском водохранилище установлен равным 30 см. Анализ средней промысловой длины разных возрастных групп показывает, что лещ в Рыбинском водохранилище вступает в промысел, начиная с возраста 8+ (Рисунок 2.5). В этом возрасте средняя масса леща составляет 540–770 г.

### **Анализ доступного информационного обеспечения**

Для проведения аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ леща Рыбинского водохранилища доступны следующие источники информации:

1. Информация по изъятию леща в Рыбинском водохранилище за 2005–2021 гг. (Таблица 2.1). Поскольку данные промысловой статистики наиболее ценных видов рыб (в том числе и леща) значительно зашумлены, величина промыслового изъятия этих видов требует предварительной корректировки на основании данных, полученных методами прямого учета: в результате тралово-акустической съемки (лещ, судак) и на контрольно-наблюдательном пункте (КНП), организованном ИБВВ РАН в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. Поскольку корректировку промыслового вылова наиболее точно удалось провести по щуке, именно по ней мы приводим скорректированные данные (см. раздел 4).

**Таблица 2.1 - Динамика промыслового вылова леща Рыбинского водохранилища**

Год	Вылов, т.
2005	277.4
2006	256.5
2007	285.7
2008	290.0
2009	329.7
2010	377.7
2011	294.1
2012	342.2
2013	324.5
2014	301.9
2015	328.4
2016	323.5
2017	287.7

2018	370.0
2019	311.6
2020	264.9
2021	236.5

2. Данные об уловах леща на сете-сутки, полученные на основе круглогодичных наблюдений на КНП (Таблица 2.2). Данная информация может быть использована для оценки динамики промыслового запаса леща.

**Таблица 2.2 - Динамика уловов на усилие для леща Рыбинского водохранилища**

Год	Улов, кг/сете-сутки
2005	25.19
2006	20.24
2007	24.50
2008	25.22
2009	17.77
2010	22.26
2011	15.65
2012	13.55
2013	31.78
2014	21.70
2015	32.68
2016	22.43
2017	19.74
2018	23.84
2019	22.58
2020	22.28
2021	22.09

На КНП осуществляется сетной лов орудиями лова, аналогичными используемым промысловыми организациями, что позволяет оценить динамику некоторых не декларируемых характеристик промысловых уловов, таких как размерно-возрастной состав. Накопленная информация позволяет оценить:

- многолетнюю динамику возрастной структуры леща в промысловых уловах;
- размерно-весовую структуру леща в промысловых уловах;
- темпы созревания (по материалам, собранным в период нереста леща).

Значения за 2019–2021 гг. получены на основании уравнения, отражающего зависимость уловов на усилие от промыслового вылова в 2005–2018 гг. Графическая иллюстрация данной зависимости приведена на рисунке 2.6. Данное обстоятельство

связано с тем, что в 2019-2020 гг. тралово-акустическая съемка и лов на КНП, не проводились по причине отсутствия соответствующего финансирования; а также – с отсутствием лова на КНП в весенний период в 2021 г., по причине позднего выхода приказов Росрыболовства, необходимых для получения соответствующих разрешений.

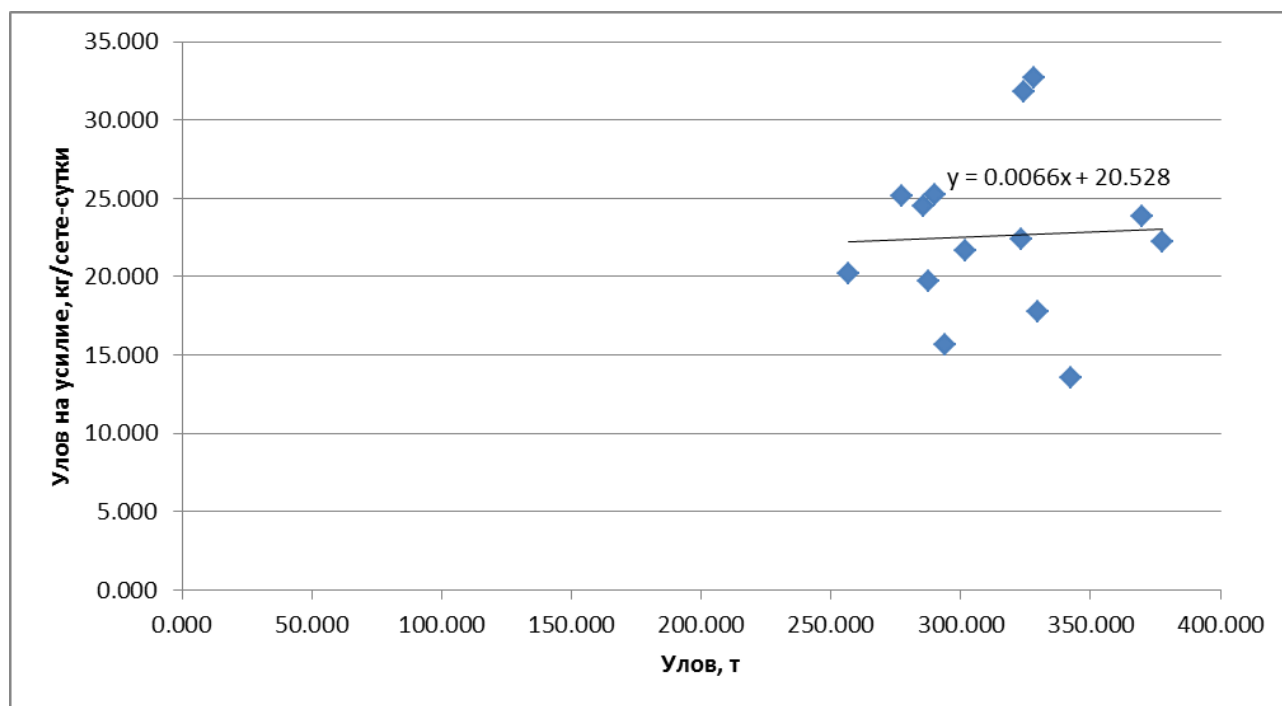


Рисунок 2.6. Зависимость уловов на усилие от промыслового вылова для леща в 2005–2018 гг.

### Обоснование выбора методов оценки запаса

Доступная информация обеспечивает проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием продукционных моделей эксплуатируемого запаса. Для этих целей была выбрана программа COMBI 4.0, уже использовавшаяся нами ранее. Основанием для выбора этой программы послужили последние опубликованные рекомендации ВНИРО (Бабаян и др., 2018). В данной программе предусмотрены все необходимые этапы обоснования величины ОДУ, что является ее неоспоримым достоинством. Немаловажным преимуществом COMBI 4.0 также является ее относительно простой и понятный интерфейс.

В прикладной программе COMBI 4.0 предусмотрено использование



трех продукционных моделей:

1) Модели Шефера (Schaefer, 1954), основанной на логистическом законе популяционного роста:

$$dB/dt = rB \cdot (1 - B/K) - qEB;$$

2) Модели Фокса (Fox, 1970), в которой логистическая функция популяционного роста заменена на функцию Гомперца, что приводит к нелинейной зависимости производительности промысла от величины промыслового усилия:

$$dB/dt = rB \cdot (-\ln (B/K)) - qEB;$$

3) Обобщенной модели Пелла-Томлинсона (Pella, Tomlinson, 1969), в которой для описания популяционного роста принято уравнение Ричардса, что придает модели дополнительную степень свободы и позволяет генерировать целое семейство кривых устойчивого улова:

$$dB/dt = rB \cdot (1 - (B/K)^a) - qEB,$$

где  $B$  – текущее значение биомассы запаса,  $r$  – мгновенный коэффициент популяционного роста,  $K$  – уравнивающая биомасса девственного запаса (емкость среды),  $q$  – коэффициент улавливаемости,  $E$  – величина промыслового усилия.

Необходимые для работы этой программы данные включают в себя исторические ряды уловов ( $C$ ), промысловых усилий ( $E$ ) и уловов на единицу усилия ( $U$ ). В нашем случае в качестве параметра «улов на единицу усилия» использовали уловы на сете-сутки (Таблица 2.2). Количество промысловых усилий получали как частное между величиной промысловых уловов (Таблица 2.1) и уловами на сете-сутки.

Значения коэффициентов корреляции между величинами  $U$  и  $E$  (их отрицательность), полученные на этапе оценки качества исходных данных, указывают на возможность использования всех продукционных моделей, заложенных в программе (Таблица 2.3). Значения коэффициентов корреляции также

могут служить предварительным критерием выбора продукционной модели. Как видно из приведенных ниже данных, более предпочтительными в данном случае являются модели Фокса и Пелла-Томлинсона.

**Таблица 2.3 - Связь между количеством промысловых усилий и величинами уловов на усилие для леца Рыбинского водохранилища**

	Тип продукционной модели		
	Модель Шефера	Модель Фокса	Модель Пелла-Томлинсона
Коэфф. корреляции	-0.8059	-0.86	-0.8554

При наличии отрицательной связи между величиной промыслового усилия и уловом на единицу усилия выбор наиболее адекватной модели может быть осуществлен двумя способами: 1) по полному набору данных и 2) по усеченному набору данных. В обоих случаях теоретические значения уловов на усилие ( $\bar{U}$ ) восстанавливаются с помощью динамической модели вида:

$$\bar{U} = U_{i-2} + r * (U_{i-1} + U_{i-2}) + G((U_{i-1} + U_{i-2}) / 2q) - 2qC_{i-1},$$

где  $r$  – параметр популяционного роста,  $q$  – коэффициент улавливаемости,  $U$  – наблюдаемые значения улова на единицу промыслового усилия,  $C$  – общий вылов,  $G(\bullet)$  – продукционная функция запаса, описывающая годовой прирост биомассы и зависящая от формулировки модели.

Продукционная функция имеет вид:

$$G(\bullet) = 1 - B/K \text{ – для модели Шефера,}$$

$$G(\bullet) = \ln(B/K) \text{ – для модели Фокса,}$$

$$G(\bullet) = 1 - (B/K)^a \text{ – для модели Пелла-Томлинсона,}$$

где  $B$  – биомасса запаса,  $K$  – емкость среды (девственная биомасса запаса).

Определение численных значений параметров  $r$ ,  $K$ ,  $q$  и  $a$  производится в ходе исследования целевой функции ( $L$ ), описывающей степень отклонения модельных значений уловов на единицу усилия от наблюдаемых. Программой предусмотрены три таких функции:

– сумма квадратов отклонений ( $L = \sum \epsilon_i^2$ ),

– логарифмическая сумма квадратов ( $L = \sum (\ln(\epsilon_i^2 + 1))^2$ ),

– медианное отклонение ( $L = M_e |\varepsilon_i|$ ),

где  $\varepsilon_i$  – остатки, рассчитываемые как  $\varepsilon_i = U_i - \bar{U}_i$ . При расчете отклонения пользователю предоставляется возможность задать ширину медианного окна. В данном случае, исходя из адекватности получаемых значений параметров  $r$  и  $K$ , было выбрано значение 10% – от общего числа элементов массива отсекается 10% значений, характеризующихся максимальными абсолютными величинами остатков.

Выбор адекватной модели по полному набору данных определяется, в первую очередь, наименьшим значением целевой функции (Рисунок 2.7). Начальные и граничные условия для поиска минимума целевой функции (параметры  $r$ ,  $K$  и  $q$ ) после предварительного тестирования были взяты в соответствие со значениями по умолчанию. Выделенные красным цветом значения параметра  $K$  на рисунке 2.7 указывают на нежелательное использование соответствующих моделей для дальнейшего анализа.

Результат	$r$	$K$	$q$	$L$
<b>Вид целевой функции</b>				
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Шефера				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.75	37766	0.000631	4.895
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	1.00	37766	0.000594	2.634
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.07	37766	0.006051	3.560
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Фокса				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.74	37766	0.000626	4.708
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.03	37766	0.007070	2.511
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.03	37766	0.006392	3.571
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Пелла-Томлинсона				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.10	4362	0.006146	4.727
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.08	16869	0.007343	2.465
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.06	27429	0.005953	3.556

Рисунок 2.7. Результаты оценок параметров моделей в COMBI 4.0 для леща

В ходе поиска наиболее подходящей модели нами было отмечено, что варианты моделей с наименьшим значением целевой функции не всегда выдают адекватные значения максимального устойчивого вылова (MSY), что зачастую приводило к получению некорректного набора вариантов правил регулирования промысла (ПРП). Единственным вариантом модели, не приводящим к серьезному

завышению значения параметра  $K$  на данном этапе и значения  $MSY$  на этапе оценки биологических ориентиров, оказалась модель Пелла-Томлинсона с функцией суммы квадратов отклонений, в пользу которой и был сделан выбор.

### Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Стационарные (равновесные) версии моделей, реализованных в COMBI 4.0, используются программой для оценки ориентиров управления промыслом (см. следующий раздел), динамические версии – для ретроспективного восстановления изменений биомассы запаса (Рисунок 2.8), а также для прогнозирования будущих состояний системы «запас–промысел». Так как выполнение обеих задач динамических версий в COMBI 4.0 совмещены, ретроспективные оценки запаса выводятся программой на заключительном этапе работы.

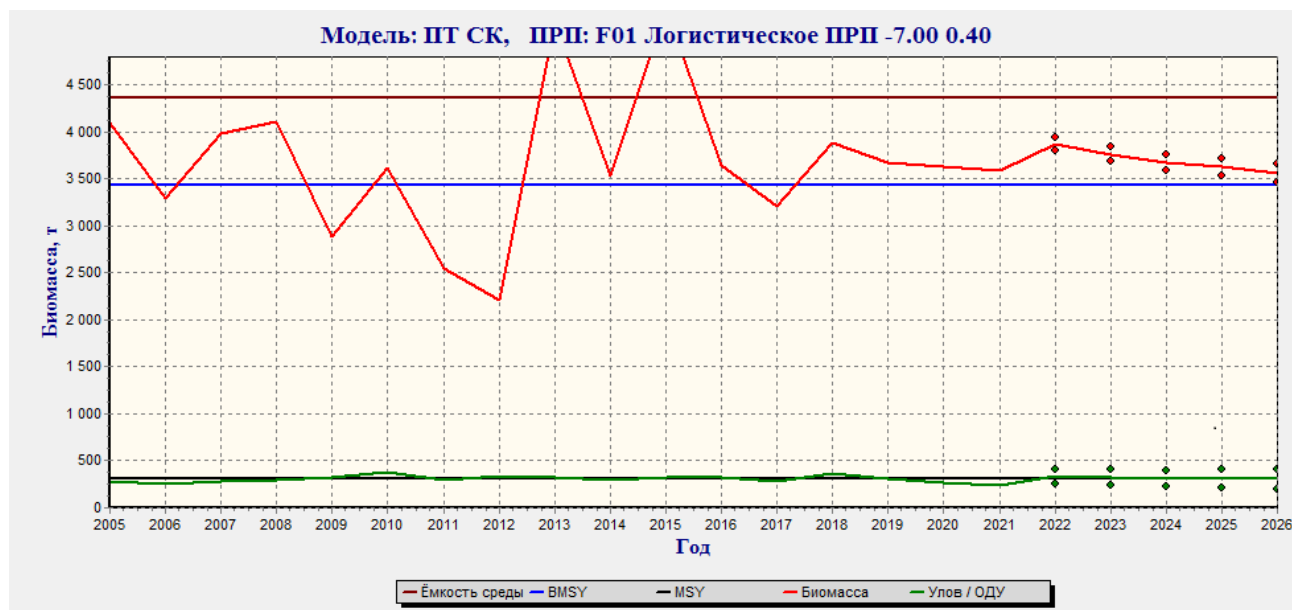


Рисунок 2.8. Прогноз биомассы запаса и уловов леща на 5 лет вместе с ретроспективной этих параметров

На графике динамики биомассы запаса леща, приведенном на рисунке 2.8 заметны высокоамплитудные колебания значений данного параметра в период 2005–2017 гг. При этом, значения как биомассы промыслового запаса, так и уловов в прогнозируемый период (2022–2026 гг.), а также в период 2018–2021 гг. находятся в относительно узких интервалах.

Следует подчеркнуть, что полученные в ходе работы с программой COMBI 4.0 оценки запаса леща относятся к условной части этого запаса, официально декларируемой промыслом.

Анализ промысловой статистики показывает, что в период с 2012 по 2016 гг. имеет место стабилизация промысловых уловов леща в Рыбинском водохранилище на уровне 300–340 т (Таблица 2.1). В 2017 г. промысловый вылов леща несколько снизился и составил 288 т., в 2018 г., наоборот, – значительно увеличился (370 т); далее, наблюдалось последовательное снижение вылова – вплоть до 237 т (2021 г.). В более длительной ретроспективе следует говорить о снижении как промысловых уловов, так общей ихтиомассы леща (Герасимов, 2010).

Согласно промысловой статистике, доля освоения промысловой квоты леща на Рыбинском водохранилище в период с 2009 по 2020 гг. колебалась в пределах 69–96% и в среднем составляет 85.7% (Таблица 2.4).

**Таблица 2.4 - Освоение промысловой квоты леща на Рыбинском водохранилище в 2009–2021 гг.**

	Год наблюдений												
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Освоение квоты, %	79.8	95.6	80.1	92.8	91.5	81.6	85.3	91.3	–	95.5	80.5	68.7	–
Примечание: «–» означает отсутствие данных													

### Определение биологических ориентиров

Данный этап в программе COMBI 4.0 реализован сразу после оценки параметров модели. Все целевые и граничные ориентиры рассчитаны по умолчанию:

– целевой ориентир по биомассе ( $B_{tr}$ ) устанавливается на уровне  $B_{MSY}$ , граничный ориентир ( $B_{lim}$ ) – на уровне  $0.1 * B_{MSY}$ ;

– целевые и граничные ориентиры по промысловому усилию ( $E_{tr}$  и  $E_{lim}$ ) и, соответственно, по промысловой смертности ( $F_{tr}$  и  $F_{lim}$ ) устанавливаются на уровне  $E_{MSY}$  и  $F_{MSY}$ .

Ниже (Рисунок 2.9) приведены график зависимости продукции от биомассы запаса леща и значения биологических ориентиров.

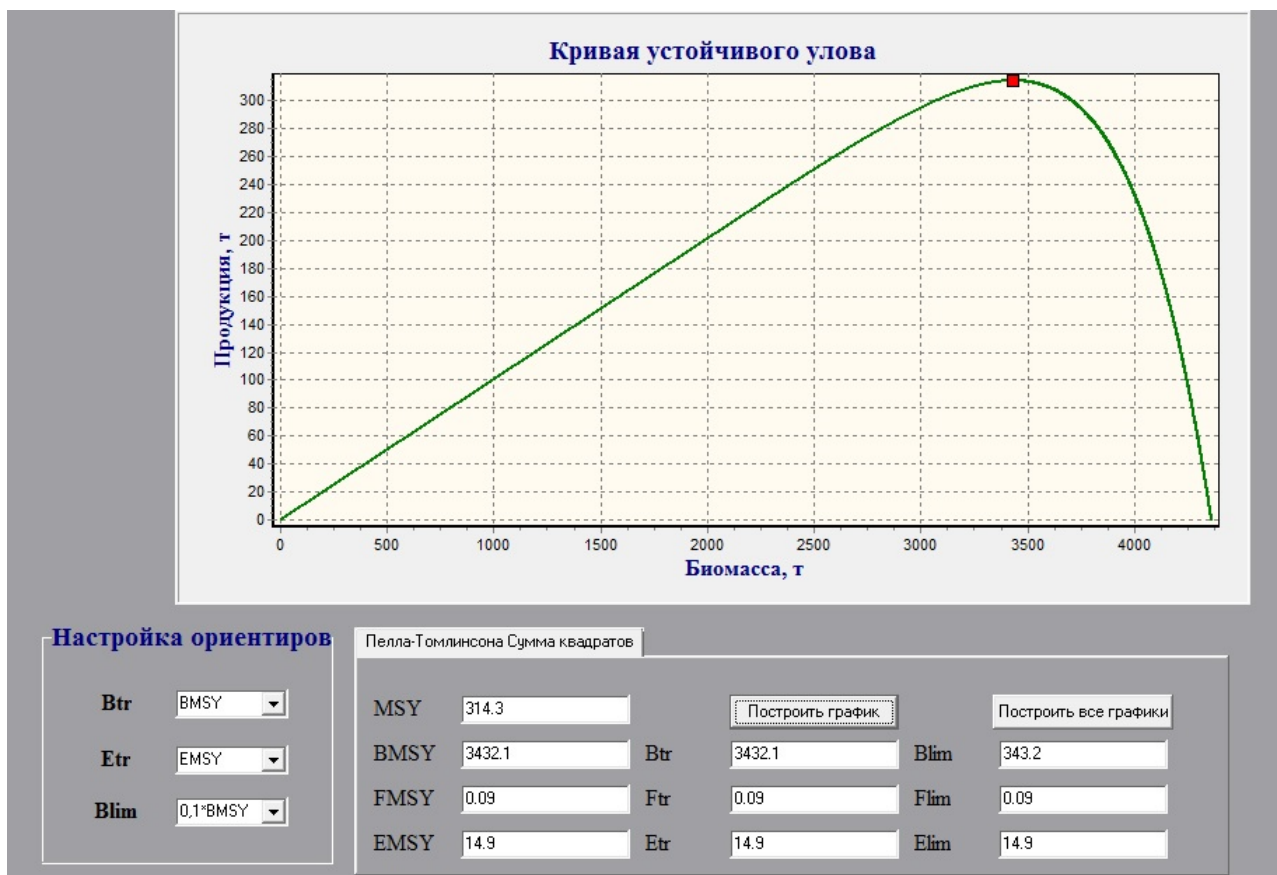


Рисунок 2.9. Результаты оценки ориентиров управления запасом леща в Рыбинском водохранилище

### Обоснование правила регулирования промысла

Для выбора и «настройки» правила регулирования промысла (ППП) в программе COMBI 4.0 пользователю предоставлена возможность выбора между двумя функциями, задающими зависимость коэффициента промысловой смертности от биомассы запаса: кусочно-линейной и логистической. Также здесь предоставлена возможность для корректировки целевого ориентира по промысловой смертности. И наконец, на данном этапе есть возможность изменения коэффициента формы ( $\alpha$ ) в интервале от  $-1$  до  $1$  (для кусочно-линейной функции), и от  $1$  – для логистической функции. Конкретную форму последней, помимо коэффициента формы, определяет положение точки перегиба ( $\beta$ , где параметр  $\beta$  выражен в долях от целевого ориентира по биомассе  $B_{tr}$ ). Таким образом, изменяя значения указанных выше параметров и выбирая между кусочно-линейной и логистической функциями, пользователю предлагается сформировать целый ряд вариантов правил

регулирования промысла и занести их в список ПРП, подлежащих дальнейшему тестированию на эффективность.

В данной версии программы также добавлена функция «оптимизация ПРП» для предварительного анализа выбранного варианта ПРП во всем диапазоне значений.

Процедура оптимизации была проведена как для вариантов ПРП, имеющих форму линейно-кусочной функции, так и для вариантов, имеющих форму логистической функции (совместное использование программы COMBI 4.0 и программной среды R).

Итоговый список ПРП для леща содержит 10 вариантов, 5 из которых имеют вид кусочно-линейной функции, а 5 других – логистической функции (Рисунок 2.10).

<b>Бутстреп</b> <input type="text" value="Параметрический"/>		<b>Прогнозный горизонт</b> <input type="text" value="5"/>		<b>Кол-во прогнозов</b> <input type="text" value="10000"/>		<b>Оценка коэффициентов эффективности</b>		Fsq75 Логистическое 11 0.4 Fsq Логистическое 10 0.28 F01 Логистическое 7 0.4 FMSY Логистическое 8.8 0.04 Расчет окончен		F01 Логистическое ПРП -7.00 0.40
Модель и метод аппроксимации	ПРП	Время восстановления	Средняя биомасса на прогнозе	Средний улов на прогнозе	Биомасса прогнозная к ретроспективной	Улов прогнозный к ретроспективе	Вероятность В прогнозная < Blim	Вероятность С прогнозный < C min		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	FMSY Линейно-Кусочное -0.96	1	3664.2	335.2	1.0	1.1	1	0.06		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	F01 Линейно-Кусочное -1	1	3693.1	315.6	1.1	1.0	1	0.08		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	Fsq Линейно-Кусочное -0.88	1	3769.4	247.3	1.1	0.8	1	0.38		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	Fsq75 Линейно-Кусочное -0.92	1	3838.0	189.1	1.1	0.6	1	0.94		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	Fsq125 Линейно-Кусочное -1	1	3701.0	304.5	1.1	1.0	1	0.1		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	Fsq125 Логистическое 8.4 0.4	1	3706.4	304.6	1.1	1.0	0	0.1		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	Fsq75 Логистическое 11 0.4	1	3841.7	189.6	1.1	0.6	0	0.94		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	Fsq Логистическое 10 0.28	1	3777.2	248.5	1.1	0.8	0	0.37		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	F01 Логистическое 7 0.4	1	3691.2	315.0	1.1	1.0	0	0.08		
Пелла-Томлинсона Сумма квадратов	FMSY Логистическое 8.8 0.04	1	3657.4	335.0	1.0	1.1	0	0.06		

Рисунок 2.10. Результаты оценок коэффициентов эффективности ПРП для леща Рыбинского водохранилища

В результате нами был сделан выбор в пользу варианта ПРП, основанным на уровне промысловой смертности  $F_{0.1}$  и имеющей вид логистической функции с коэффициентом формы  $\alpha = 7$  и параметром  $\beta = 0.4$ . Основанием для этого

послужило значение среднего улова на прогнозном горизонте (315 т), которое с одной стороны максимально приближено к значению MSY (314.3 т), а также наиболее точно соотносится со средним значением ретроспективного вылова в период 2005–2020 гг. (310.4 т). Значение промыслового вылова за 2021 г. в данном случае учитывать не стоит, поскольку прогнозы ОДУ на 2021 и 2022 гг. давались исключительно на основе промысловых данных (из-за отсутствия необходимого финансирования), вследствие чего соответствующие оценки получились заниженными. По этой же причине превышение значения MSY на 0.7 т, является условным, поскольку само это значение (314.3 т) получено с учетом значения промыслового вылова за 2021 г. Ниже приведена графическая иллюстрация выбранного нами варианта ПРП (Рисунок 2.11).

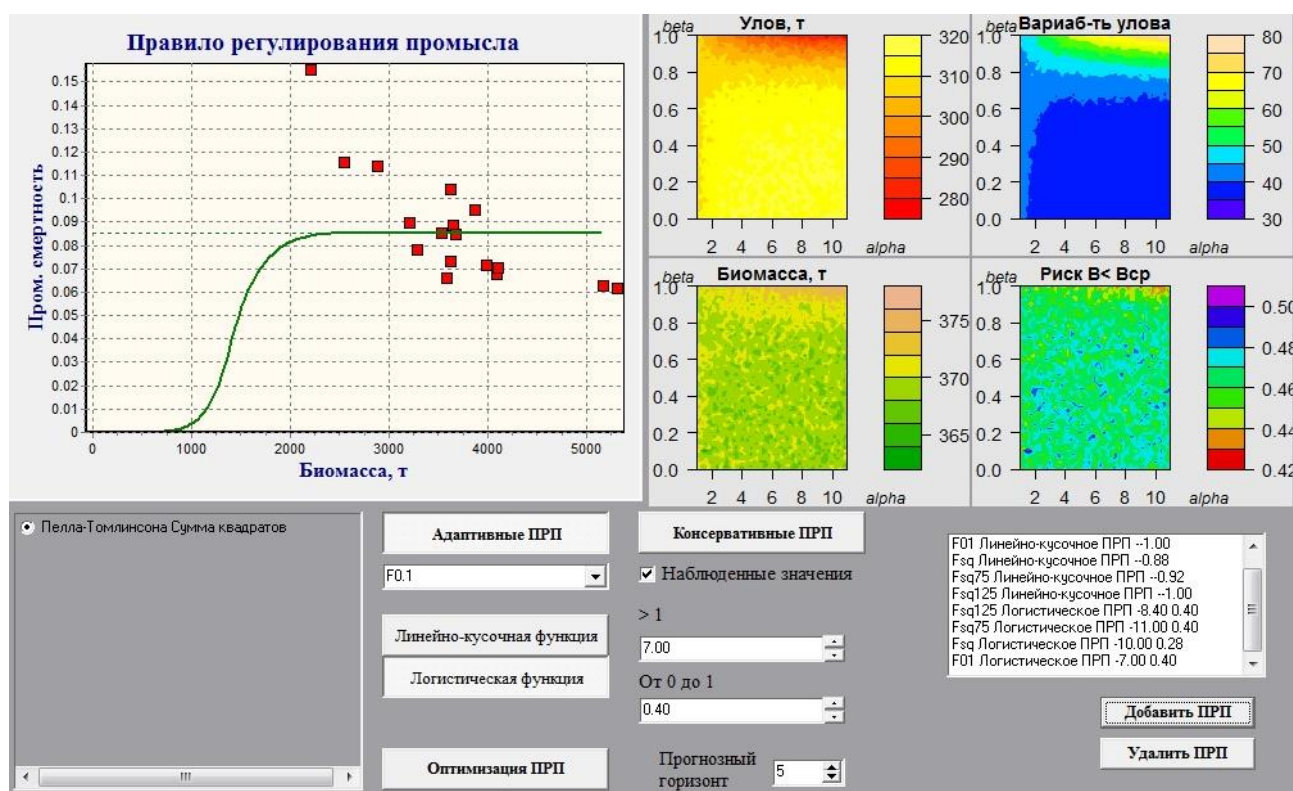


Рисунок 2.11. Итоговый вариант правила регулирования промысла для леща Рыбинского водохранилища

## Прогнозирование состояния запаса и обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Данный этап в программе COMBI 4.0 полностью автоматизирован и совмещён с восстановлением ретроспективы как биомассы запаса, так и промысловых уловов



(Рисунок 2.8). В нашем варианте использовался прогнозный горизонт в 5 лет, установленный в программе по умолчанию. Опция «добавить шум», также включенная по умолчанию, позволила получить интервальные оценки прогнозируемых уловов (Таблица 2.5). Границы интервалов устанавливаются таким образом, чтобы прогнозное значение улова попадало внутрь интервала с 90%-ной вероятностью.

**Таблица 2.5 - Результаты оценок биомассы запаса и уловов леща Рыбинского водохранилища с пятилетней заблаговременностью, полученных в программе COMBI 4.0**

Год	Биомасса запаса, т	Прогнозируемый улов, т	Интервальная оценка прогнозируемого улова, т
2022	3871	331	258 - 404
2023	3763	322	241 - 402
2024	3672	314	226 - 401
2025	3625	310	214 - 405
2026	3563	304	204 - 404

Поскольку приведенные в таблице 2.5 значения прогнозируемых уловов основаны только на промысловом вылове, они не могут быть использованы в качестве рекомендуемых объемов ОДУ. Кроме того, эти значения заметно варьируются на протяжении всего прогнозного горизонта (от 304 до 331 т), поэтому в качестве одного из исходных ориентиров для оценки ОДУ леща на 2023 г. целесообразнее рассматривать среднее значение прогнозируемого улова (Рисунок 2.10). В связи с тем фактом, что промысловая нагрузка до недавнего времени превышала адаптационные возможности популяции (Герасимов, 2010), было принято решение взять в качестве других исходных ориентиров среднее значение ОДУ леща за период 2018–2020 гг. (Таблица 2.6), когда оценки ОДУ стали соответствовать данному требованию, а также среднее ретроспективное значение промыслового вылова за 2005–2020 гг. (Как уже упоминалось ранее, оценки ОДУ на 2021 и 2022 гг. оказались заниженными). Используя простую пропорцию, получили итоговое значение ОДУ для леща Рыбинского водохранилища на 2023 год – 412.4 тонны (Таблица 2.7).

**Таблица 2.6 - Оценки ОДУ для леща Рыбинского водохранилища в 2011–2020 гг.**

Год наблюдений
----------------

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ОДУ, т	438.7	452.1	459.0	432.0	449.0	425.0	422.0	404.4	408.2	406.5

**Таблица 2.7 - Оценка ОДУ для леща Рыбинского водохранилища на 2023 г.**

Промысловый вылов, т		ОДУ, т	
Ретроспектива	Прогноз	Ретроспектива	Прогноз
310.4	315.0	406.4	412.4

### **Анализ и диагностика полученных результатов**

На каждом из предыдущих этапов работы полученные результаты анализировались и сопоставлялись с уже имеющимися данными. Значительное увеличение объема ОДУ на 2023 г. для леща Рыбинского водохранилища по сравнению с объемами ОДУ на 2021 и 2022 гг. (321.8 и 343.5 т соответственно) обусловлено использованием в два прошлых года только промысловых данных ввиду отсутствия необходимого финансирования.

Средняя оценка промыслового запаса леща Рыбинского водохранилища на прогнозном горизонте составила 3691.2 т (Рисунок 2.10). Таким образом, расчетная величина ОДУ леща на 2023 г., которая равна 412.4 т, является относительно щадящей (уровень смертности, связанный с общим выловом, составит 11.2%). Но, поскольку доля неучтенного вылова наиболее ценных промысловых видов рыб (в том числе и леща) на Рыбинском водохранилище остается крайне высокой, корректировка полученной величины ОДУ леща на 2023 г., нецелесообразна, а сама величина ОДУ при соблюдении правил рыболовства гарантирует невозможность подрыва исследуемого запаса.

### **Оценка воздействия промысла на окружающую среду**

Оценка состояния экосистемы Рыбинского водохранилища проводится по результатам ежегодного мониторинга качества среды и структурных характеристик основных компонентов биоты: фито- и зоопланктона, бентоса и т. д. На настоящий момент не выявлены какие-либо изменения экосистемы Рыбинского водохранилища, обусловленные ведением промысла водных биологических ресурсов.

### 3. Судак (*Sander lucioperca* (L.))

#### Адресная информация

Объект оценки: судак (*Sander lucioperca* (L.)).

Водоем: Рыбинское водохранилище, Северный рыбохозяйственный район Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

#### Общая характеристика объекта

Динамику популяционных показателей судака за весь период существования водохранилища, как и у леща, во многом определяла промысловая нагрузка. В конце 1970-х значительно увеличился объем пополнения за счет ряда урожайных поколений. Доля молоди в уловах учетного пелагического трала составляла от 32 до 40%. Это привело к значительному снижению среднего возраста неполовозрелой части популяции, а в 1980-е повлияло и на средний возраст половозрелой части, который не увеличился относительно уровня 1960 и 1970 гг. и оставался на уровне 5 лет.

Резкие изменения произошли в 1990-е годы, когда в промысел вступили высокоурожайные поколения 1980-х. Исчезли признаки омоложения популяции, наблюдавшиеся в 1960–1970 гг. За счет накопления рыб старших возрастов средний возраст половозрелой части популяции увеличился до 6,5 лет, а возраст впервые созревающих особей до 4 лет, т.е. данные показатели вышли на уровень 1950-х гг. Однако, последовавшее в конце 1990-х и 2000-х увеличение промысловой нагрузки опять приводит к появлению признаков омоложения популяции. Но, не смотря на более высокую интенсивность промысла, этот процесс идет медленнее, чем в 1950-е–1960-е гг. Причина в том, что в тот период промысел был более селективным, направленным на вылов наиболее крупных особей, изъятие которых привело к быстрому снижению среднего возраста популяции.

На современном этапе промысел также направлен на изъятие наиболее крупных особей, но в 2000-е гг. гораздо большее развитие получило любительское рыболовство и браконьерство, оказывающие значительную нагрузку на неполовозрелую часть популяции судака. Известно, что, несмотря на резко

возрастающую интенсивность рыболовства и последующее снижение общего вылова, при значительном снижении пополнения омоложения возрастного состава в популяции объекта промысла не происходит, а в некоторых случаях наблюдается даже «старение» среднего возраста популяции (Монастырский, 1952; Никольский, 1961). Поэтому, несмотря на резко возрастающую интенсивность промысла, приведшую к снижению численности популяции судака, высокий уровень изъятия её неполовозрелой части в 2000-е гг., замедлил процесс омоложения по сравнению с периодом 1960-х.

За время существования водохранилища в широких пределах изменялся темп роста судака. При этом характер кривых линейного и весового роста у разных возрастных групп отличался (Рисунок 3.1).

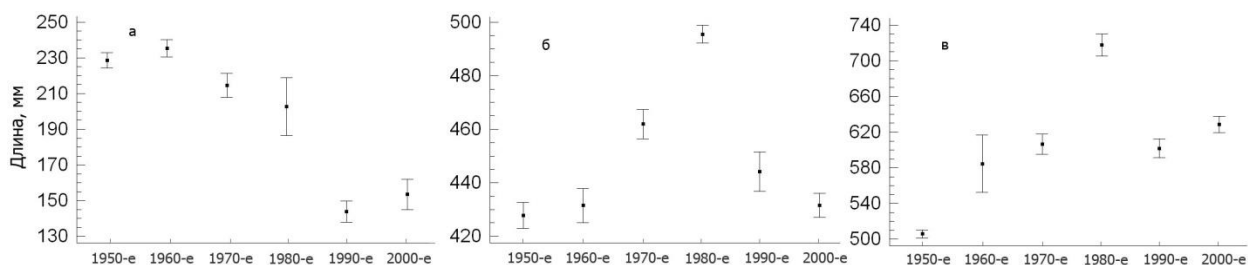


Рисунок 3.1. Динамика линейного роста судака разных возрастных групп: 1+ (а); 5+ (б) и 9+ (в) за период с 1950-х по 2000-е годы

В динамике линейных и весовых показателей особей младшего возраста – 1+–4+ за весь период исследований отмечается чёткая тенденция к снижению средних размеров (коэффициент регрессии разных возрастных классов варьирует от  $-0.45$  до  $-1.24$ ,  $p < 0.05$ ). Это указывает на то, что особи в возрасте до 4+ в 1990–е и 2000-е гг. росли хуже, чем в 1950-е и 1960-е. У более старших особей динамика линейного и весового роста наилучшим образом описывается кривой полиномиальной зависимости (варьирование  $R^2$  от 58 до 78,  $p < 0.05$ ) с максимумом показателей роста в 1970 и 1980-е гг. При этом, рост особей в возрасте 5+–6+ в настоящее время не имеет достоверных различий от темпа роста в 1950-х, а возрастные группы от 7+ и старше стали расти быстрее.

Причина указанных разнонаправленных трендов в динамике показателей линейного и весового роста разновозрастных групп судака, скорее всего, связана с

влиянием естественных факторов, основным из которых являются изменение климата. С середины 1990–х гг., более чем на градус увеличилась средняя июльская температура и почти на градус температура в августе – октябре (Литвинов, Рощупко, 2010). Это послужило основной причиной резкого снижения численности, а затем практически полного исчезновения, доминирующей до 1996 года относительно холодолюбивой мелкой пресноводной формы европейской корюшки – снетка. Снеток являлся основным кормовым объектом молоди судака при переходе на хищное питание. Благодаря небольшой высоте тела сеголетки снетка оставались доступным для большей части молоди судака в течение всего лета.

С 2000 года доминирующим в пелагиали водохранилища становится новый для водохранилища вид – каспийская тюлька. Но, её появление не сняло проблемы с переходом ранней молоди судака на питание рыбной пищей, поскольку тюлька значительно более высокотелая, чем снеток (отношение длины к высоте тела у тюльки 3,3, у снетка 6,4). В период доминирования в пелагических скоплениях снетка перешедшие на хищное питание сеголетки судака составляли от 30 до 87%, при этом к осени они обгоняли в росте планктофагов почти в два раза. В 2000-е годы, при доминировании тюльки, количество сеголетков хищников составляло не более 10% (например, 2008 – 7%, 2009 – 9%). Усугубляется ситуация тем, что темп роста молоди судака и в период доминирования снетка падал в теплые годы. Поскольку при повышении температуры воды наблюдается быстрый рост других кормовых объектов молоди судака: молоди карповых и окуневых, что способствует ее быстрому выходу из под пресса мелкого судака (Поддубный, 1971). Так, в аномально жаркое лето и осень 2010 г. перешедшая на хищное питание молодь судака вообще не была отмечена.

Старшие возрастные группы судака наиболее высокий темп роста имели в 1980-е гг. В этот период наблюдалась самая высокая плотность пелагических скоплений рыб, образованных снетком и молодь основных кормовых видов. Основу питания судака составлял окунь (43% по количеству съеденных экз.); снеток – 23%; ерш – 14%; плотвы – 13 %.

Наиболее глубокие изменения происходят во второй половине 1990-х гг. Наблюдается снижение общей плотности пелагических скоплений рыб. В питании

уменьшаются доли окуня до 28% и ерша до 2%, полностью исчезает снеток, но появляется тюлька (9%) и собственная молодь судака в количестве, которое не наблюдалось за все время существования водохранилища (38%). Уровень потребления собственной молоди судаком, по мнению ряда авторов (Остроумов, 1959; Барсуков, 1959), служить показателем ухудшения условий нагула.

В 2000-е гг. исчезновения снетка и ерша из спектра питания судака компенсируется появлением тюльки, поскольку взрослый судак сразу после резкого повышения ее численности в 2000 году сразу перешел на её интенсивное потребление – до 61% по числу съеденных экз. (Степанов, Кияшко, 2008). В 2004 году, после окончания процесса натурализации, численность тюльки в Рыбинском водохранилище стабилизировалась на более низком уровне, и её значение в пищевом спектре судака уменьшилось до 47.7%. В эти годы потребление собственной молоди снизилось до 5%.

Отставание в росте особей в возрасте 5+–6+ в настоящее время обусловлено их низким темпом роста в первые годы жизни, тогда как у особей в возрасте от 7+ и старше это отставание компенсируется хорошими кормовыми условиями и они растут значительно быстрее, чем в 1950-е – 1960-е, но хуже, чем в 1980-е.

За весь исследуемый многолетний период запас судака в Рыбинском водохранилище, как и леща, имел устойчивую тенденцию к снижению обусловленную, в первую очередь, промысловой нагрузкой. Основные отличия от леща заключаются в том, что высокую коммерческую ценность имеют и неполовозрелые особи судака. Это приводит к их массовому отлову уже в возрасте 2+–3+. Кроме того, более выраженное, чем у леща, воздействие на популяцию оказали естественные факторы, связанные с климатическими изменениями последних лет. Потепление воды водохранилища вызвало изменения в кормовой базе судака, которые негативно сказались на его темпе роста.

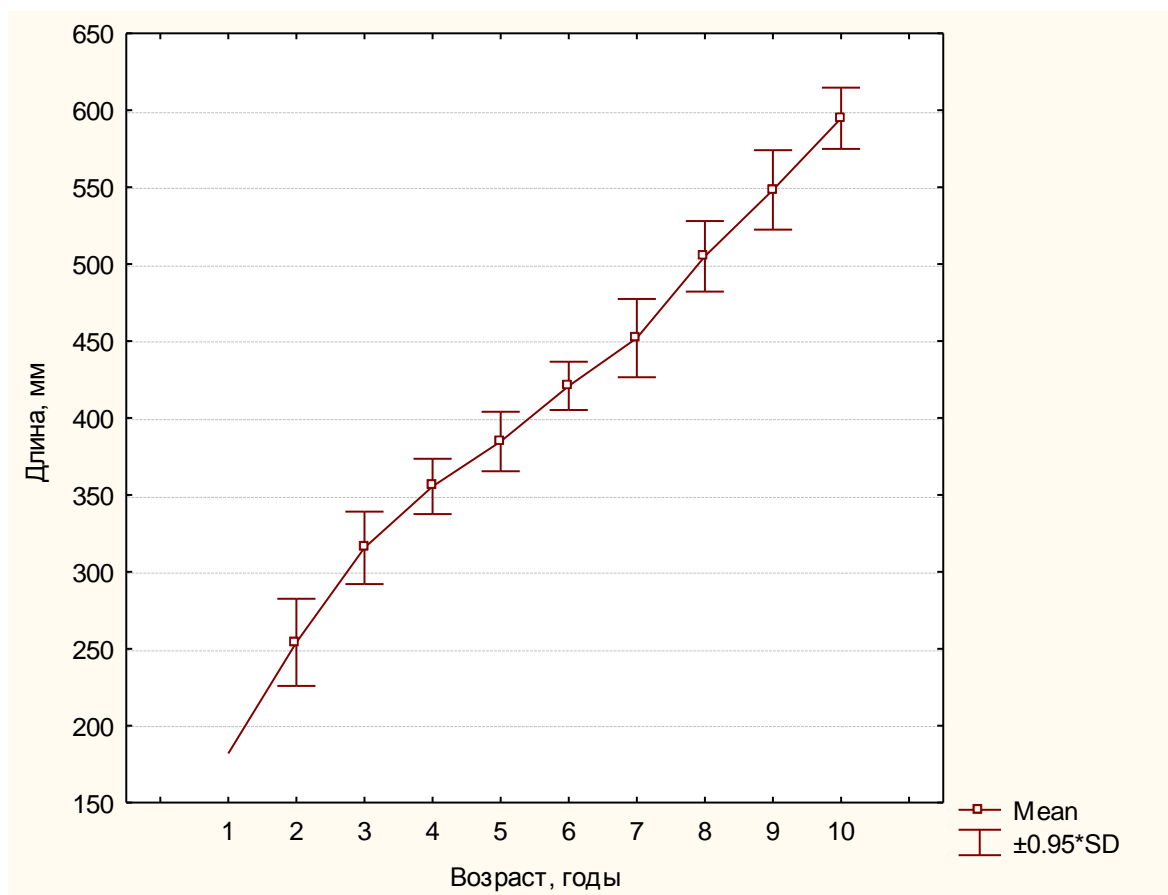


Рисунок 3.2. Промысловая длина судака Рыбинского водохранилища разных возрастных групп

В соответствии с правилами рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, утвержденными приказом Минсельхоза России № 453 от 18.11.2014 г., минимальный промысловый размер судака в Рыбинском водохранилище установлен равным 40 см. Анализ средней промысловой длины разных возрастных групп показывает, что судак в Рыбинском водохранилище вступает в промысел, начиная с возраста 5+ (Рисунок 3.2). В этом возрасте созревают 75% особей, а средняя масса рыб составляет 840 г.

### Анализ доступного информационного обеспечения

Для проведения аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ судака Рыбинского водохранилища доступны следующие источники информации:

1. Информация по изъятию судака в Рыбинском водохранилище за 2005–2021 гг. (Таблица 3.1). Поскольку данные промысловой статистики наиболее ценных видов рыб (в том числе и судака) значительно зашумлены, величина промыслового изъятия этих видов требует предварительной корректировки на основании данных,

полученных либо в результате тралово-акустических съемок (лещ, судак), либо на контрольно-наблюдательном пункте (КНП), организованном ИБВВ РАН в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. Поскольку корректировку промыслового вылова наиболее точно удалось провести по щуке, именно по ней мы приводим скорректированные данные (см. раздел 4).

**Таблица 3.1 - Динамика промыслового вылова судака Рыбинского водохранилища**

Год	Вылов, т.
2005	92.6
2006	60.4
2007	64.8
2008	47.1
2009	50.7
2010	56.1
2011	46.4
2012	60.5
2013	51.0
2014	60.3
2015	52.2
2016	56.4
2017	57.1
2018	66.2
2019	51.8
2020	66.2
2021	44.7

2. Данные об уловах судака на 1 час траления учетным тралом (Таблица 3.2), полученные на основе ежегодных тралово-акустических съемок, проводимых ИБВВ РАН на акватории Рыбинского водохранилища (Рисунок 1). Накопленная информация помогает оценить многолетнюю динамику численности и биомассы судака в Рыбинском водохранилище.

**Таблица 3.2 - Динамика уловов судака учетным тралом в Рыбинском водохранилище**

Год	Улов, кг/ч. траления
2005	10.21
2006	8.04
2007	8.45
2008	7.35
2009	4.38
2010	7.98



2011	6.88
2012	12.03
2013	8.64
2014	14.07
2015	13.11
2016	7.98
2017	6.40
2018	4.88
2019	7.51
2020	8.33
2021	7.48

Значения за 2019-2020 гг. получены на основании уравнения, отражающего зависимость уловов на усилие от промыслового вылова в 2005–2018 гг. Графическая иллюстрация данной зависимости приведена на рисунке 3.3. Данное обстоятельство связано с тем, что в 2019-2020 гг. тралово-акустическая съемка и лов на КНП, не проводились по причине отсутствия соответствующего финансирования.

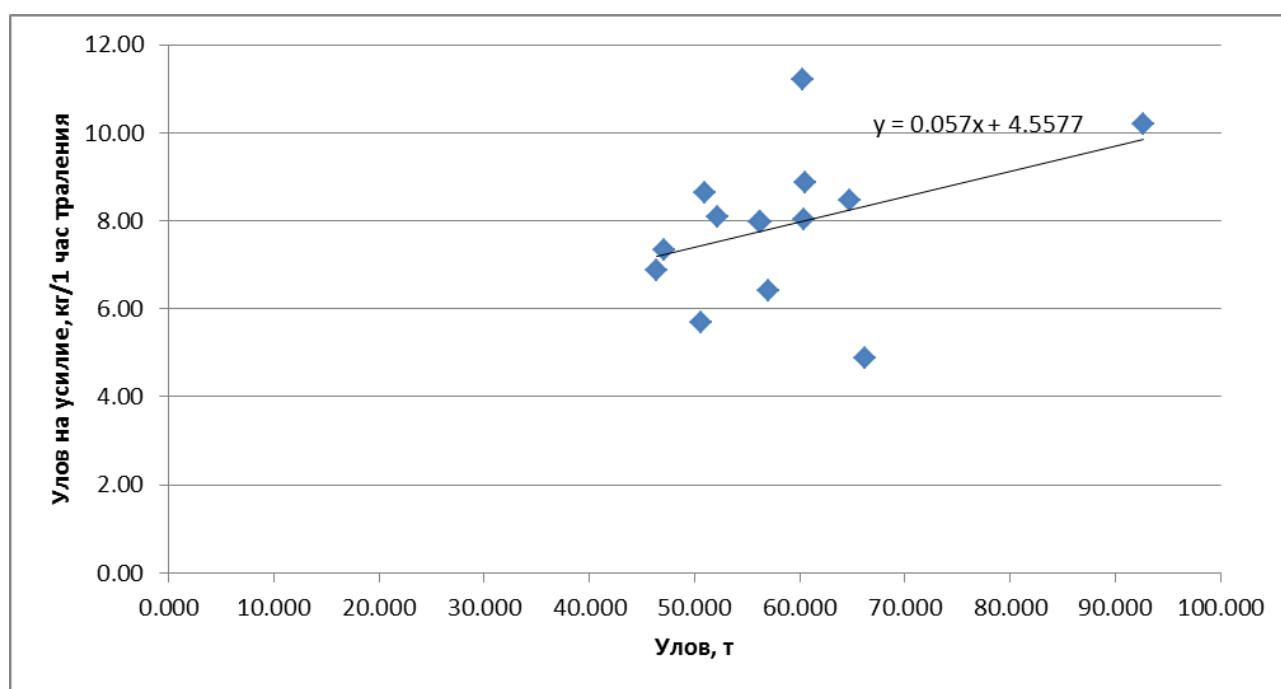


Рисунок 3.3. Зависимость уловов на усилие от промыслового вылова для судака в 2005–2018 гг.

### Обоснование выбора методов оценки запаса

Доступная информация обеспечивает проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием

продукционных моделей эксплуатируемого запаса. Для этих целей была выбрана программа COMBI 4.0, уже использовавшаяся нами ранее. Основанием для выбора этой программы послужили последние опубликованные рекомендации ВНИРО (Бабаян и др., 2018). В данной программе предусмотрены все необходимые этапы обоснования величины ОДУ, что является ее неоспоримым достоинством. Немаловажным преимуществом COMBI 4.0 также является ее относительно простой и понятный интерфейс.

В прикладной программе COMBI 4.0 предусмотрено использование трех продукционных моделей:

1) Модели Шефера (Schaefer, 1954), основанной на логистическом законе популяционного роста:

$$dB/dt = rB \cdot (1 - B/K) - qEB;$$

2) Модели Фокса (Fox, 1970), в которой логистическая функция популяционного роста заменена на функцию Гомперца, что приводит к нелинейной зависимости производительности промысла от величины промыслового усилия:

$$dB/dt = rB \cdot (-\ln (B/K)) - qEB;$$

3) Обобщенной модели Пелла-Томлинсона (Pella, Tomlinson, 1969), в которой для описания популяционного роста принято уравнение Ричардса, что придает модели дополнительную степень свободы и позволяет генерировать целое семейство кривых устойчивого улова:

$$dB/dt = rB \cdot (1 - (B/K)^a) - qEB,$$

где  $B$  – текущее значение биомассы запаса,  $r$  – мгновенный коэффициент популяционного роста,  $K$  – уравнивающая биомасса девственного запаса (емкость среды),  $q$  – коэффициент улавливаемости,  $E$  – величина промыслового усилия.

Необходимые для работы этой программы данные включают в себя исторические ряды уловов (С), промысловых усилий (Е) и уловов на единицу усилия (U). В нашем случае в качестве параметра «улов на единицу усилия» использовали уловы на час траления учетным тралом (Таблица 3.2). Количество промысловых усилий получали как частное между величиной промысловых уловов (Таблица 3.1) и уловами на час траления.

Значения коэффициентов корреляции между величинами U и E (их отрицательность), полученные на этапе оценки качества исходных данных, указывают на возможность использования всех продукционных моделей, заложенных в программе (Таблица 3.3). Значения коэффициентов корреляции также могут служить предварительным критерием выбора продукционной модели. Как видно из приведенных ниже данных, чуть более предпочтительными в данном случае являются модели Фокса и Пелла-Томлинсона.

**Таблица 3.3 - Связь между количеством промысловых усилий и величинами уловов на усилие для судака Рыбинского водохранилища**

	Тип продукционной модели		
	Модель Шефера	Модель Фокса	Модель Пелла-Томлинсона
Коэфф. корреляции	-0.5839	-0.659	-0.6517

При наличии отрицательной связи между величиной промыслового усилия и уловом на единицу усилия выбор наиболее адекватной модели может быть осуществлен двумя способами: 1) по полному набору данных и 2) по усеченному набору данных. В обоих случаях теоретические значения уловов на усилие ( $\bar{U}$ ) восстанавливаются с помощью динамической модели вида:

$$\bar{U} = U_{i-2} + r * (U_{i-1} + U_{i-2}) + G((U_{i-1} + U_{i-2}) / 2q) - 2qC_{i-1},$$

где r – параметр популяционного роста, q – коэффициент улавливаемости, U – наблюдаемые значения улова на единицу промыслового усилия, C – общий вылов, G(•) – продукционная функция запаса, описывающая годовой прирост биомассы и зависящая от формулировки модели.

Продукционная функция имеет вид:

$G(\bullet) = 1 - B/K$  – для модели Шефера,

$G(\bullet) = \ln(B/K)$  – для модели Фокса,

$G(\bullet) = 1 - (B/K)^a$  – для модели Пелла-Томлинсона,

где  $B$  – биомасса запаса,  $K$  – емкость среды (девственная биомасса запаса).

Определение численных значений параметров  $r$ ,  $K$ ,  $q$  и  $a$  производится в ходе исследования целевой функции ( $L$ ), описывающей степень отклонения модельных значений уловов на единицу усилия от наблюдаемых. Программой предусмотрены три таких функции:

– сумма квадратов отклонений ( $L = \sum \varepsilon_i^2$ ),

– логарифмическая сумма квадратов ( $L = \sum (\ln(\varepsilon_i^2 + 1))^2$ ),

– медианное отклонение ( $L = M_e |\varepsilon_i|$ ),

где  $\varepsilon_i$  – остатки, рассчитываемые как  $\varepsilon_i = U_i - \bar{U}_i$ . При расчете отклонения пользователю предоставляется возможность задать ширину медианного окна. В данном случае, исходя из адекватности получаемых значений параметров  $r$  и  $K$ , было выбрано значение 50% – от общего числа элементов массива отсекается 50% значений, характеризующихся максимальными абсолютными величинами остатков.

Выбор адекватной модели по полному набору данных определяется, в первую очередь, наименьшим значением целевой функции (Рисунок 3.4). Начальные и граничные условия для поиска минимума целевой функции (параметры  $r$ ,  $K$  и  $q$ ) после предварительного тестирования были взяты в соответствие со значениями по умолчанию.

Результат	r	K	q	L
Вид целевой функции				
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Шефера				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.85	797	0.010942	1.050
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.74	898	0.009497	0.875
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.77	1030	0.008331	0.827
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Фокса				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.73	858	0.010033	1.083
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.70	641	0.013604	0.920
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.74	1242	0.006746	0.887
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Пелла-Томлинсона				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.52	693	0.012821	1.039
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.30	1075	0.007993	0.840
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.33	729	0.012169	0.746

Рисунок 3.4. Результаты оценок параметров моделей в COMBI 4.0 для судака

В ходе поиска наиболее подходящей модели нами было отмечено, что варианты моделей с наименьшим значением целевой функции не всегда выдают адекватные значения максимального устойчивого вылова (MSY), что зачастую приводило к получению некорректного набора вариантов правил регулирования промысла (ПРП). Принимая во внимание, что величина параметра  $r$  оказалась приемлемой (ниже 0.4) только в двух вариантах модели Пелла-Томлинсона (с функцией логарифмической суммы квадратов и с функцией медианного отклонения), а величина параметра  $K$  не завышена (729 т) только в одном из них, нами был сделан выбор в пользу модели Пелла-Томлинсона с функцией медианного отклонения.

### Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Стационарные (равновесные) версии моделей, реализованных в COMBI 4.0, используются программой для оценки ориентиров управления промыслом (см. следующий раздел), динамические версии – для ретроспективного восстановления изменений биомассы запаса (Рисунок 3.5), а также для прогнозирования будущих состояний системы «запас–промысел». Так как выполнение обеих задач

динамических версий в COMBI 4.0 совмещены, ретроспективные оценки запаса выводятся программой на заключительном этапе работы.

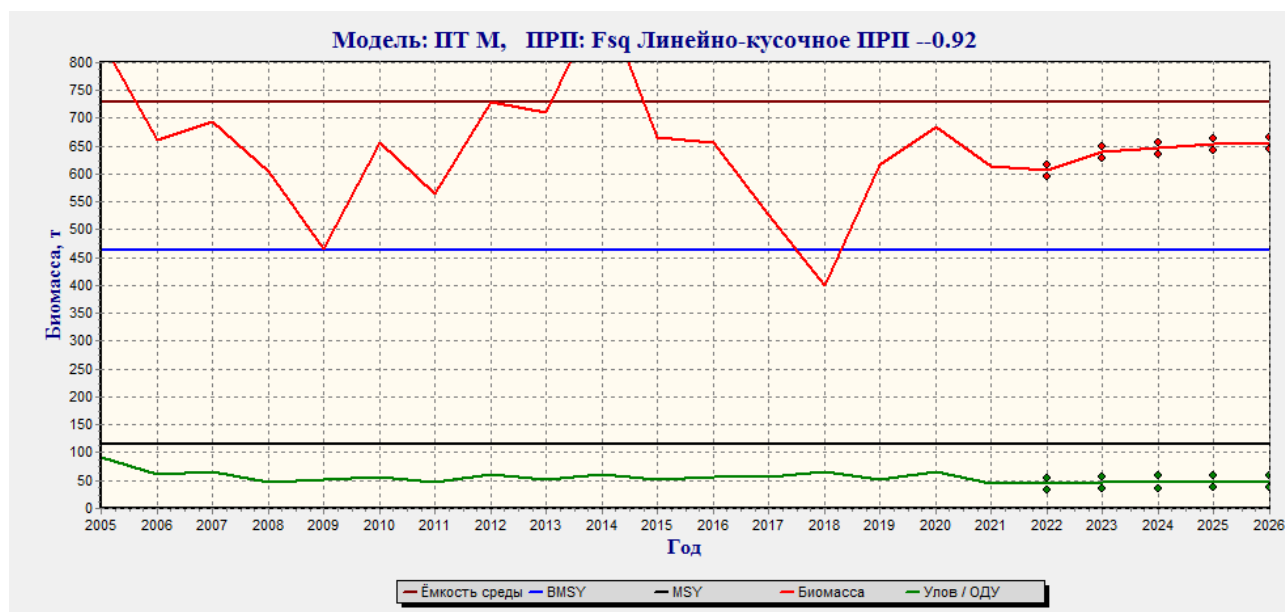


Рисунок 3.5. Прогноз биомассы запаса и уловов судака на 5 лет вместе с ретроспективой этих параметров

На графике динамики биомассы запаса судака, приведенном на рисунке 3.5 заметны высокоамплитудные колебания значений данного параметра в период 2005–2020 гг. При этом, прогнозные значения как биомассы промыслового запаса, так и уловов (в 2022–2026 гг.) находятся в относительно узких интервалах.

Следует подчеркнуть, что полученные в ходе работы с программой COMBI 4.0 оценки запаса судака относятся к условной части этого запаса, официально декларируемой промыслом.

Анализ промысловой статистики показывает, что в период с 2012 по 2020 гг. имеет место относительная стабилизация промысловых уловов судака в Рыбинском водохранилище на уровне 51–66 т (Таблица 3.1). В 2021 г. произошло резкое снижение вылова – до 44.7 т, что связано с заниженными оценками ОДУ на 2021 и 2022 г., основанными на использовании только промысловых данных ввиду отсутствия необходимого финансирования. В более длительной ретроспективе (начиная с 2000-х годов) следует говорить о снижении как промысловых уловов, так общей ихтиомассы судака (Герасимов, 2013).

Согласно промышленной статистике, доля освоения промышленной квоты судака на Рыбинском водохранилище в период с 2009 по 2020 гг. колебалась в пределах 72–95% и в среднем составляет 86.3% (Таблица 3.4).

**Таблица 3.4 - Освоение промышленной квоты судака на Рыбинском водохранилище в 2009–2021 гг.**

	Год наблюдений												
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Освоение квоты, %	86.4	97.4	74.5	95.1	84.0	93.4	77.9	90.7	–	86.3	72.2	91.0	–
Примечание: «–» означает отсутствие данных													

### Определение биологических ориентиров

Данный этап в программе COMBI 4.0 реализован сразу после оценки параметров модели. Все целевые и граничные ориентиры рассчитаны по умолчанию:

- целевой ориентир по биомассе ( $B_{tr}$ ) устанавливается на уровне  $B_{MSY}$ , граничный ориентир ( $B_{lim}$ ) – на уровне  $0.1 * B_{MSY}$ ;
- целевые и граничные ориентиры по промышленному усилию ( $E_{tr}$  и  $E_{lim}$ ) и, соответственно, по промышленной смертности ( $F_{tr}$  и  $F_{lim}$ ) устанавливаются на уровне  $E_{MSY}$  и  $F_{MSY}$ .

Ниже (Рисунок 3.6) приведены график зависимости продукции от биомассы запаса судака и значения биологических ориентиров. Поскольку значение  $MSY$ , несмотря на выбор модели, основанный на получении наиболее адекватного значения данного параметра (а также значений параметров  $r$  и  $K$ ), оказалось завышенным (115 т), на следующем этапе работы с программой особое внимание уделялось выбору целевого ориентира по промышленной смертности.

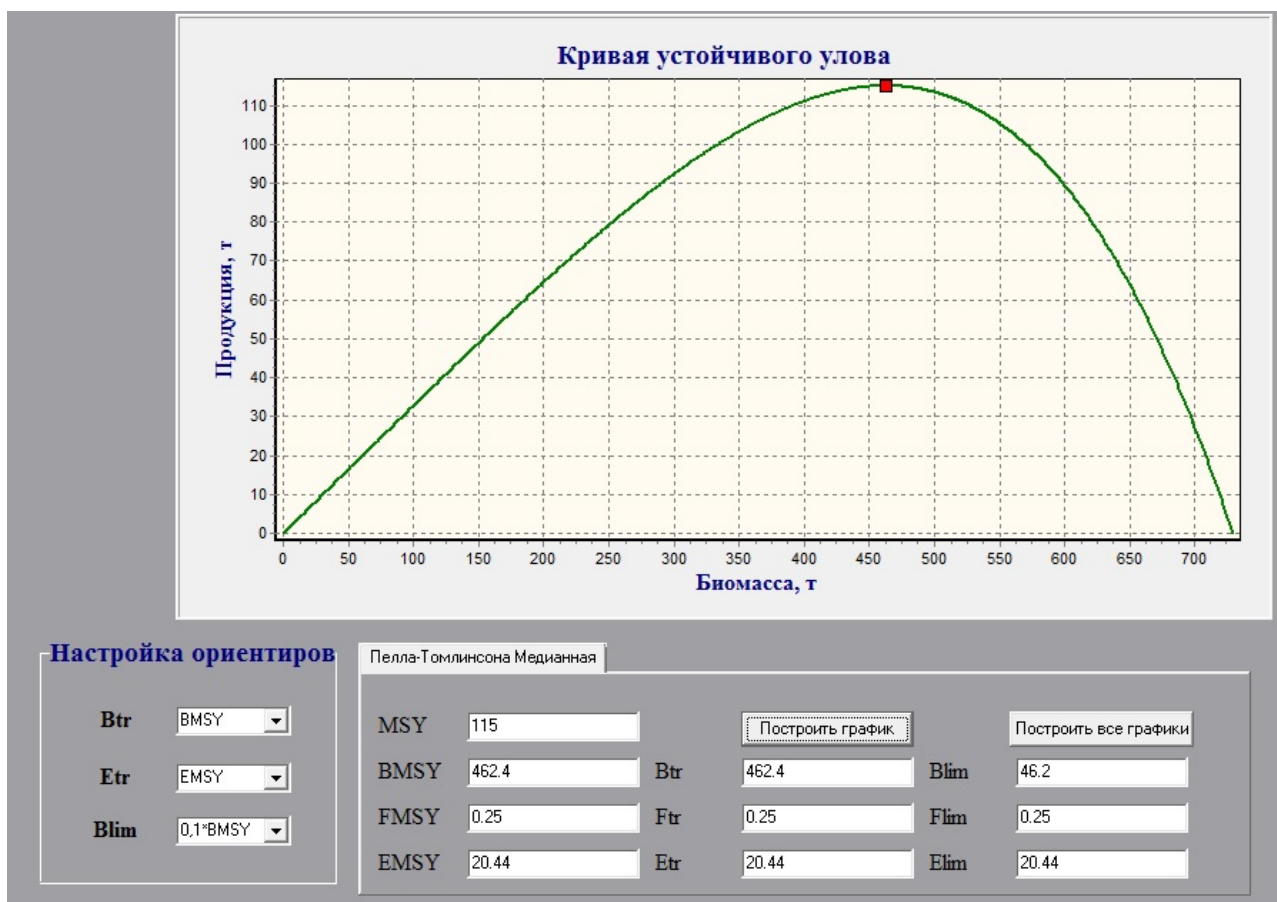


Рисунок 3.6. Результаты оценки ориентиров управления запасом судака в Рыбинском водохранилище

### Обоснование правила регулирования промысла

Для выбора и «настройки» правила регулирования промысла (ППП) в программе COMBI 4.0 пользователю предоставлена возможность выбора между двумя функциями, задающими зависимость коэффициента промысловой смертности от биомассы запаса: кусочно-линейной и логистической. Также здесь предоставлена возможность для корректировки целевого ориентира по промысловой смертности. И наконец, на данном этапе есть возможность изменения коэффициента формы ( $\alpha$ ) в интервале от  $-1$  до  $1$  (для кусочно-линейной функции), и от  $1$  – для логистической функции. Конкретную форму последней, помимо коэффициента формы, определяет положение точки перегиба ( $\beta$ , где параметр  $\beta$  выражен в долях от целевого ориентира по биомассе  $B_{tr}$ ). Таким образом, изменяя значения указанных выше параметров и выбирая между кусочно-линейной и логистической функциями, пользователю предлагается сформировать целый ряд



вариантов правил регулирования промысла и занести их в список ПРП, подлежащих дальнейшему тестированию на эффективность.

В данной версии программы также добавлена функция «оптимизация ПРП» для предварительного анализа выбранного варианта ПРП во всем диапазоне значений.

Процедура оптимизации была проведена как для вариантов ПРП, имеющих форму линейно-кусочной функции, так и для вариантов, имеющих форму логистической функции (совместное использование программы COMBI 4.0 и программной среды R).

Итоговый список ПРП для судака содержит 10 вариантов, 5 из которых имеют вид кусочно-линейной функции, а 5 других – логистической функции (Рисунок 3.7).

Бутстреп		Параметрический	Оценка коэффициентов эффективности		Fsq75 Логистическое 7 0.46 Fsq Логистическое 10.2 0 F01 Логистическое 5.6 0.38 FMSY Логистическое 7.2 0.12 Расчет окончен			Fsq Линейно-кусочное ПРП -0.92
Прогнозный горизонт		5						
Кол-во прогнозов		10000						
Модель и метод аппроксимации	ПРП	Время восстановления	Средняя биомасса на прогнозе	Средний улов на прогнозе	Биомасса прогнозная к ретроспективной	Улов прогнозный к ретроспективе	Вероятность В прогнозная < Blim	Вероятность С прогнозный < C min
Пелла-Томлинсона Медианная	FMSY Линейно-Кусочное -1	0	545.3	135.6	0.9	2.3	1	0
Пелла-Томлинсона Медианная	F01 Линейно-Кусочное -0.88	0	559.0	127.2	0.9	2.2	1	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq Линейно-Кусочное -0.92	0	660.5	48.0	1.0	0.8	1	0.3
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq75 Линейно-Кусочное 0.36	0	671.3	36.6	1.1	0.6	0	0.96
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq125 Линейно-Кусочное -0.84	0	649.4	59.0	1.0	1.0	1	0.04
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq125 Логистическое 10.2 0.94	0	648.5	58.7	1.0	1.0	0	0.04
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq75 Логистическое 7 0.46	0	671.8	36.6	1.1	0.6	0	0.96
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq Логистическое 10.2 0	0	660.3	48.0	1.0	0.8	0	0.3
Пелла-Томлинсона Медианная	F01 Логистическое 5.6 0.38	0	558.0	127.1	0.9	2.2	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	FMSY Логистическое 7.2 0.12	0	544.2	135.4	0.9	2.3	0	0

Рисунок 3.7. Результаты оценок коэффициентов эффективности ПРП для судака Рыбинского водохранилища

В результате нами был сделан выбор в пользу варианта ПРП, основанным на уровне промысловой смертности  $F_{sq}$  и имеющей вид кусочно-линейной функции с коэффициентом формы -0.92. Основанием для этого послужило значение среднего улова на прогнозном горизонте (48 т – т.е. около 80% от среднего ретроспективного

значения), которое наиболее точно соотносится с необходимостью снижения промыслового вылова судака, обусловленной тем фактом, что к настоящему времени высокая промысловая нагрузка привела к снижению ихтиомассы судака (Герасимов, 2013). Кроме того, в период 2014–2018 гг. наблюдалось резкое снижение улова на усилие: с 11.22 до 4.88 кг/1 час траления (Таблица 3.2). О некотором восстановлении данного показателя можно говорить только применительно к 2021 г., поскольку значения для 2019-2020 гг. восстановлены с помощью регрессии (Рисунок 3.3). Ниже приведена графическая иллюстрация выбранного нами варианта ПРП (Рисунок 3.8).

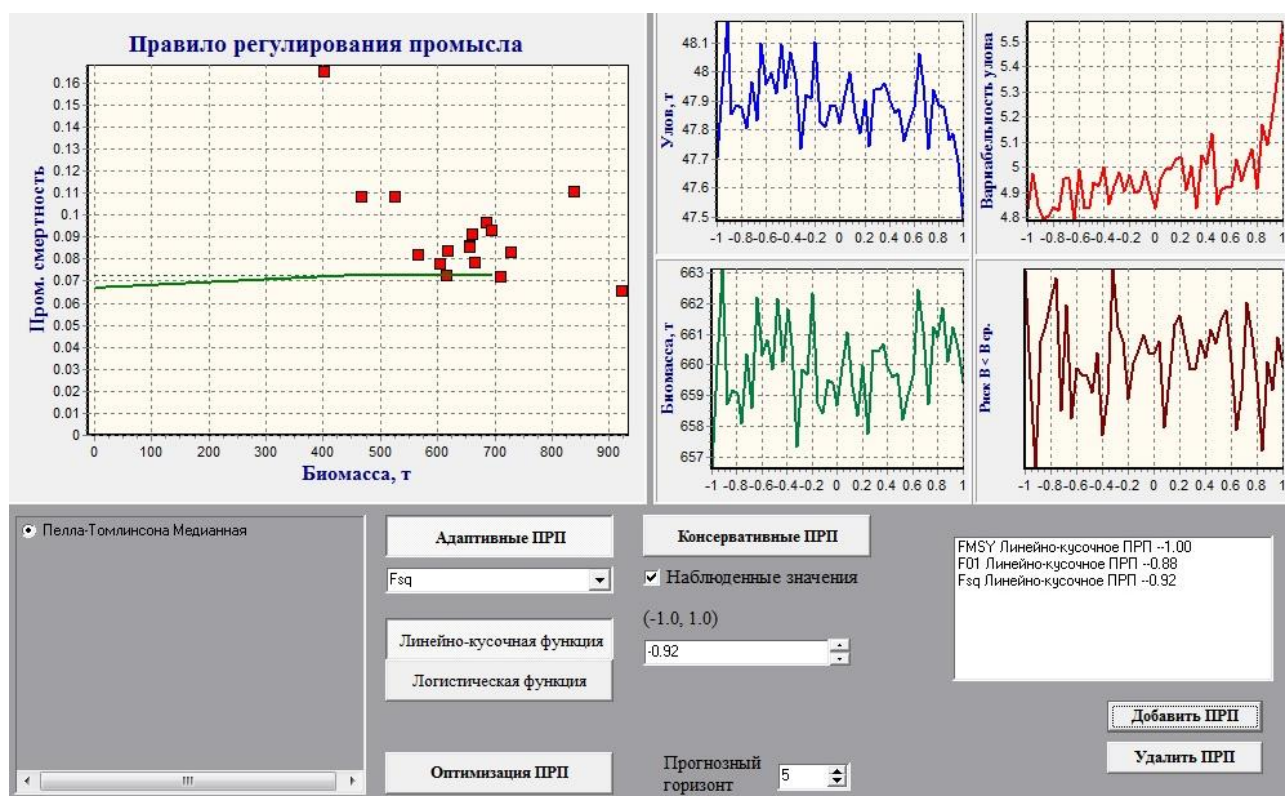


Рисунок 3.8. Итоговый вариант правила регулирования промысла для судака Рыбинского водохранилища

## Прогнозирование состояния запаса и обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Данный этап в программе COMBI 4.0 полностью автоматизирован и совмещён с восстановлением ретроспективы как биомассы запаса, так и промысловых уловов (Рисунок 3.5). В нашем варианте использовался прогнозный горизонт в 5 лет, установленный в программе по умолчанию. Опция «добавить шум», включенная по

умолчанию, позволила получить интервальные оценки прогнозируемых уловов (Таблица 3.5). Границы интервалов устанавливаются таким образом, чтобы прогнозное значение улова попадало внутрь интервала с 90%-ной вероятностью.

**Таблица 3.5 - Результаты оценок биомассы запаса и уловов судака Рыбинского водохранилища с пятилетней заблаговременностью, полученных в программе COMBI 4.0**

Год	Биомасса запаса, т	Прогнозируемый улов, т	Интервальная оценка прогнозируемого улова, т
2022	606	44	34 - 54
2023	639	46	35 - 57
2024	646	47	36 - 58
2025	653	47	37 - 58
2026	655	48	37 - 58

Поскольку приведенные в таблице 3.5 значения прогнозируемых уловов основаны только на промысловом вылове, они не могут быть использованы в качестве рекомендуемых объемов ОДУ. В связи с относительной стабилизацией промысловых уловов судака в 2012–2020 гг. (Таблица 3.1), а также незначительной вариабельностью оценок ОДУ в этот же период (Таблица 3.6), было принято решение в качестве исходных ориентиров взять средние значения этих параметров за указанный период. Третьим ориентиром послужило среднее значение вылова на прогнозном горизонте (Рисунок 3.7). Используя простую пропорцию, получили итоговое значение ОДУ для судака Рыбинского водохранилища на 2023 год – 66.7 тонны (Таблица 3.7).

**Таблица 3.6 - Оценки ОДУ для судака Рыбинского водохранилища в 2012–2020 гг.**

	Год наблюдений								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ОДУ, т	83.5	83	79	82	78	80.6	82.8	77.7	78.6

**Таблица 3.7 - Оценка ОДУ для судака Рыбинского водохранилища на 2023 г.**

Промысловый вылов, т		ОДУ, т	
Ретроспектива	Прогноз	Ретроспектива	Прогноз
58.0	48.0	80.6	66.7

## **Анализ и диагностика полученных результатов**

На каждом из предыдущих этапов работы полученные результаты анализировались и сопоставлялись с уже имеющимися данными. Значительное увеличение объема ОДУ на 2023 г. для судака Рыбинского водохранилища по сравнению с объемами ОДУ на 2021 и 2022 гг. (54.1 и 54.7 т соответственно) обусловлено использованием в два прошлых года только промысловых данных ввиду отсутствия необходимого финансирования.

Средняя оценка промыслового запаса судака Рыбинского водохранилища на прогнозном горизонте (660.5 т) представляется несколько завышенной (Рисунок 3.7). По нашим оценкам данная величина должна соответствовать значению  $BMSY$  (462.4 т), полученному на этапе определения биологических ориентиров (Рисунок 3.6). Таким образом, расчетная величина ОДУ судака на 2023 г., которая равна 66.7 т, является относительно щадящей (уровень смертности, связанный с общим выловом, составит 14.4%). Но, поскольку доля неучтенного вылова наиболее ценных промысловых видов рыб (в том числе и судака) на Рыбинском водохранилище остается крайне высокой, корректировка полученной величины ОДУ судака на 2023 г., нецелесообразна, а сама величина ОДУ при соблюдении правил рыболовства гарантирует невозможность подрыва исследуемого запаса.

## **Оценка воздействия промысла на окружающую среду**

Оценка состояния экосистемы Рыбинского водохранилища проводится по результатам ежегодного мониторинга качества среды и структурных характеристик основных компонентов биоты: фито- и зоопланктона, бентоса и т. д. На настоящий момент не выявлены какие-либо изменения экосистемы Рыбинского водохранилища, обусловленные ведением промысла водных биологических ресурсов.

#### 4. Щука (*Esox lucius* L.)

##### Адресная информация

Объект оценки: щука (*Esox lucius* L.).

Водоем: Рыбинское водохранилище, Северный рыбохозяйственный район Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

##### Общая характеристика объекта

Многолетние наблюдения за биологическими особенностями популяции щуки Рыбинского водохранилища (Иванова, Свирская, 2005; Свирская, Иванова, 2010) показали, что только сеголетки в течение первого лета жизни держатся на мелководье, на глубине до 1.5 м, среди зарослей водной растительности, в тех же районах, где нерестятся производители. С осенним похолоданием, в сентябре молодь щуки покидает мелководную зону и отходит на глубину 3–4 м, где и зимует.

Молодые щуки (возраст 2–4 года, длина 200–400 мм) в мае встречаются преимущественно в прибрежных участках: на самом мелководье и на глубине 3–4 м. В июне–августе они держатся в основном на глубинах 3–4 и 10 м. В начале осени с понижением температуры воды наибольшие скопления рыб этой размерно-возрастной группы снова наблюдаются на глубине 3–4 м, где они интенсивно откармливаются подросшей за лето молодью разных видов рыб.

Старшие особи в популяции щуки (возраст – 4–12 лет, длина – 400–700 мм и более) более чувствительны к температуре окружающей среды и поэтому совершают значительные перемещения в водоеме, выбирая оптимальные для роста и развития условия. В мае они выходят на быстро прогреваемое мелководье для размножения. В июне, когда вода на мелководье прогревается, щуки его покидают и уходят в глубинные участки водоема (10 м и более). В сентябре–октябре в этой глубоководной зоне (русла бывших рек, озера) обитают все старшие особи популяции щуки.

В 2010-е гг. наблюдается достоверное увеличение среднего возраста, средней длины и массы щук на прибрежных участках водохранилища, что указывает на ослабление пресса рыбаков любителей, облавливающих побережья с

использованием спиннинга (Рисунок 4.1). При этом значительно сократились уловы щуки тралом, что указывает на резко возросшую интенсивность лова щуки методом троллинга (Рисунок 4.2).

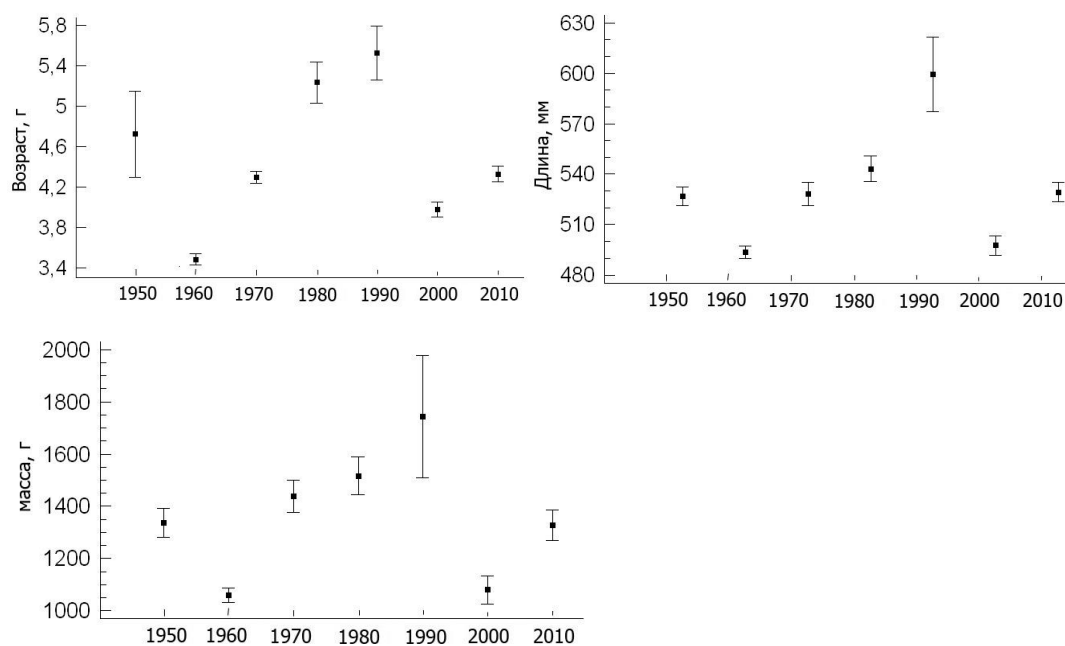


Рисунок 4.1. Динамика возраста, линейного и весового роста щуки из сетных уловов

Сокращение площади зарастающего побережья в основном привело к сокращению местообитаний молоди, поскольку в настоящее время её основные местообитания ограничены защищенными от волнения речными плесами, устьями малых притоков и мелкими заливами озерной части водохранилища. Но, площадь этих участков позволяла популяции иметь пополнение достаточное для поддержания численности промысловой части популяции, на что указывает относительно постоянный до 1980-х гг. уровень уловов исследовательского трала, состоявший в основном из старших особей в возрасте – 4–12 лет. Только в 1990-е и 2000-е гг. под воздействием промысла этот показатель начинает достоверно снижаться ( $b = -0.02$ ;  $r = -0.64$ ;  $p < 0.01$ ) (Рисунок 4.2).

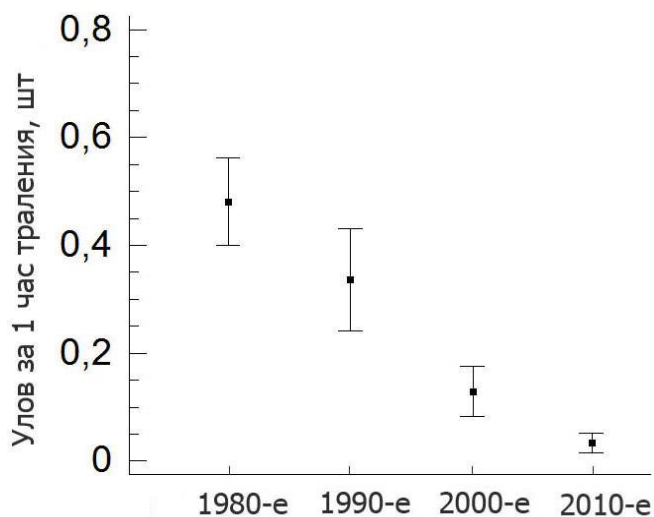


Рисунок 4.2. Уловы щуки учетным тралом

Динамику популяционных показателей щуки за весь период существования водохранилища, как у леща и судака, во многом определяла промысловая нагрузка. Причем динамика этих показателей у щуки имела значительное сходство с судаком (Рисунок 4.1). Это обусловлено тем, что, как и у судака, у щуки высокую коммерческую ценность имеют и неполовозрелые особи в возрасте 1+–2+, что приводит к их массовому отлову. Резкое снижение численности молоди наблюдалось в 1960-е гг., которое стало результатом сокращения площади зарастающих мелководий. Затем в 1970-е и 1980-е годы произошла относительная стабилизация этого показателя. Новое снижение численности молоди щуки наблюдалось в 1990-е и 2000-е, что обусловлено высоким уровнем браконьерства и любительского лова методом троллинга (Рисунок 4.2).

Поэтому, несмотря на высокую промысловую нагрузку, приведшую к значительному снижению запасов, в результате неселективного отлова щуки до 1990-х гг. не наблюдалось признаков омоложения её популяции (Рисунок 4.1). Только в 2000-е гг. показатели средней длины, массы и возраста в сетных и неводных уловах снизились до уровня 1960-х гг. Подобной тенденции пока не отмечено в траловых уловах, поскольку на глубоководных участках водохранилища облавливаемых тралом действует вышеописанный естественный механизм отбора крупных особей, но, скорее всего, это временное явление. Поскольку отсутствие промысловых тралыщиков в Рыбинском водохранилище не означает отсутствия антропогенной нагрузки на эту часть популяции. Постоянно увеличивающаяся

интенсивность любительского лова с применением метода лова «на дорожку» (или «троллинг»). Подобный метод эффективно используют для отлова крупных хищников на русловых и прирусловых участках с глубинами от 8 м и глубже, и является одним из основных факторов снижения численности крупных особей щуки.

Отмеченные у судака проблемы с питанием вызванные потеплением и сменой доминирующего вида в пелагических скоплениях рыб-жертв не отмечены у щуки. Спектр питания щуки шире, чем у судака, и составляет 12 видов. В питании особей из неводных основу составляет молодь окуня (до 40% по количеству съеденных экз.), молодь плотвы (20%) и ерш (20%). Молодь леща, синца, щуки, судака, налима, а так же уклея и щиповка составляют от 2 до 5%. У щуки из сетных уловов более 70% составляет молодь плотвы и 15% молодь окуня. Щука из траловых уловов в основном питается молодь плотвы (40%). Молодь леща, судака, окуня и ерш составляют по 15%. Учитывая, что численность молоди указанных видов карповых и окуня сохраняется на достаточно высоком уровне, проблемы у щуки с питанием на современном этапе отсутствуют.

Следовательно, за весь исследуемый многолетний период запас щуки в Рыбинском водохранилище, как судака и леща, имел устойчивую тенденцию к снижению обусловленную, в первую очередь, промысловой нагрузкой. Из естественных факторов гораздо большее влияние, в отличие от судака, на популяцию щуки оказало сокращение площади зарастаемых мелководий развивавшихся под защитой остатков затопленного леса, которые практически полностью разрушились к началу 1960-х. И наоборот, потепление воды водохранилища в 1990-е гг., оказавшее негативное воздействие на условия питания судака, практически не сказалось на популяции щуки.

Сходство в динамике популяционных показателей щуки с судаком обусловлены тем, что как и у судака, у щуки высокую коммерческую ценностью имеют неполовозрелые особи в возрасте 1+–2+, что приводит к их массовому отлову как промысловиками, так и любителями.



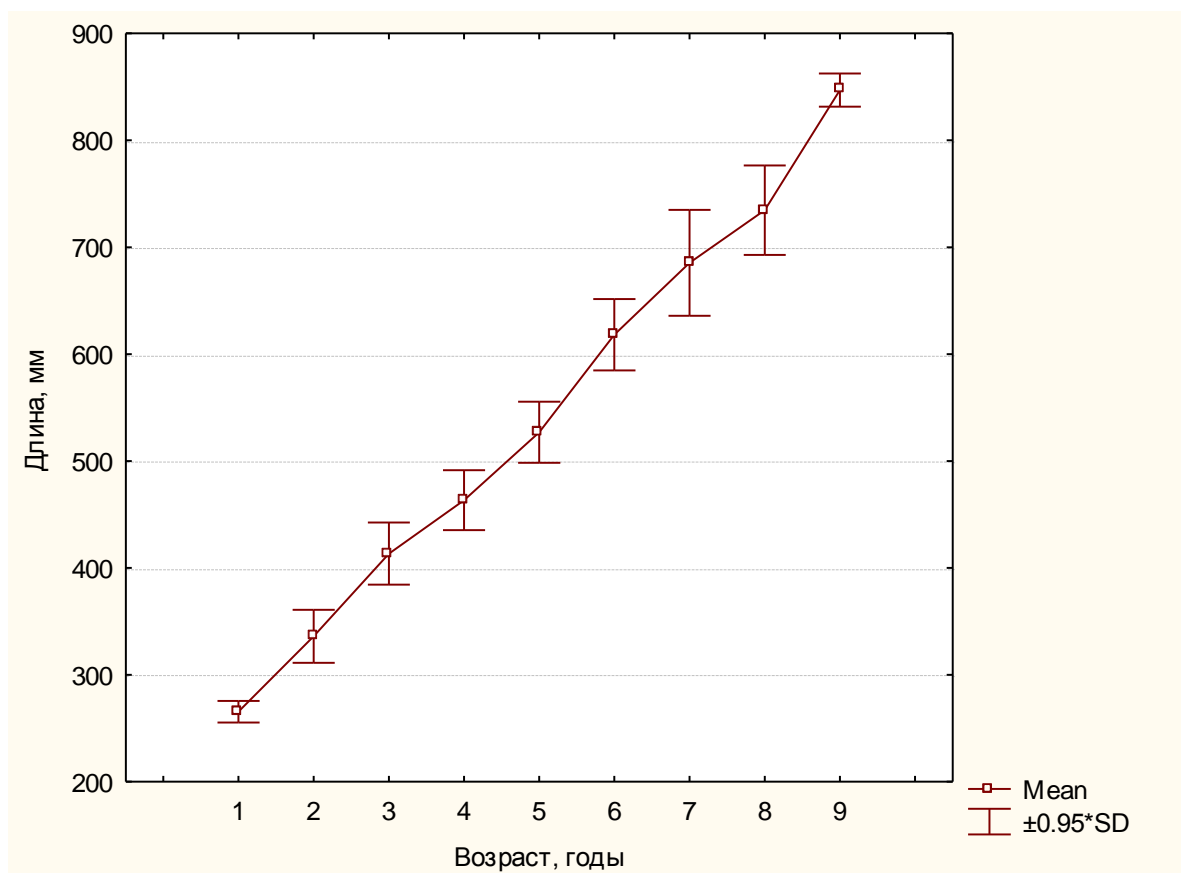


Рисунок 4.3. Промысловая длина щуки Рыбинского водохранилища разных возрастных групп

В соответствии с правилами рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, утвержденными приказом Минсельхоза России №453 от 18.11.2014 г., минимальный промысловый размер щуки в Рыбинском водохранилище установлен равным 32 см. Анализ средней промысловой длины разных возрастных групп показывает, что щука в Рыбинском водохранилище вступает в промысел, начиная с возраста 2+ (Рисунок 4.3). В этом возрасте средняя масса рыб составляет 380 г.

### Анализ доступного информационного обеспечения

Для проведения аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ щуки Рыбинского водохранилища доступны следующие источники информации:

1. Информация о промысловом изъятии щуки в Рыбинском водохранилище за 1995–2021 гг. (Таблица 4.1). Поскольку данные промысловой статистики наиболее ценных видов рыб (в том числе и щуки) значительно зашумлены, величина промыслового изъятия щуки была предварительно скорректирована на основании

данных, полученных на контрольно-наблюдательном пункте (КНП), организованном ИБВВ РАН в Волжском плесе Рыбинского водохранилища.

**Таблица 4.1 - Динамика скорректированного промыслового вылова щуки Рыбинского водохранилища**

Год	Вылов, т.
1995	38.8
1996	29.4
1997	66.3
1998	42.5
1999	51.9
2000	58.8
2001	54.3
2002	44.2
2003	28.4
2004	31.9
2005	34.0
2006	33.3
2007	38.7
2008	26.5
2009	42.4
2010	50.9
2011	46.2
2012	52.3
2013	51.2
2014	46.2
2015	43.2
2016	45.6
2017	47.6
2018	56.8
2019	54.4
2020	40.2
2021	38.9

2. Данные об уловах щуки на сете-сутки, полученные на основе круглогодичных наблюдений на КНП (Таблица 4.2). Данная информация может быть использована для оценки динамики промыслового запаса щуки.

**Таблица 4.2 - Динамика уловов на усилие для щуки в Рыбинском водохранилище**

Год	Улов, кг/сете-сутки
1995	2.05
1996	2.36
1997	1.22

1998	0.79
1999	1.61
2000	0.86
2001	1.20
2002	0.94
2003	1.28
2004	0.84
2005	1.63
2006	1.06
2007	0.73
2008	0.74
2009	0.99
2010	1.50
2011	1.40
2012	1.15
2013	2.13
2014	2.24
2015	1.60
2016	0.93
2017	1.47
2018	1.41
2019	1.61
2020	1.27
2021	1.233

На КНП осуществляется сетной лов орудиями лова, аналогичными используемым промысловыми организациями, что позволяет оценить динамику некоторых не декларируемых характеристик промысловых уловов, таких как размерно-возрастной состав. Накопленная информация позволяет оценить:

- многолетнюю динамику возрастной структуры щуки в промысловых уловах;
- размерно-весовую структуру щуки в промысловых уловах;
- темпы созревания (по материалам, собранным в период нереста щуки).

Значения за 2019–2021 гг. получены на основании уравнения, отражающего зависимость уловов на усилие от скорректированного промыслового вылова щуки в 2005–2018 гг. Графическая иллюстрация данной зависимости приведена на рисунке 4.4. Данное обстоятельство связано с тем, что в 2019-2020 гг. тралово-акустическая съемка и лов на КНП, не проводились по причине отсутствия соответствующего финансирования; а также – с отсутствием лова на КНП в весенний период в 2021 г., по причине позднего выхода приказов Росрыболовства, необходимых для получения соответствующих разрешений.

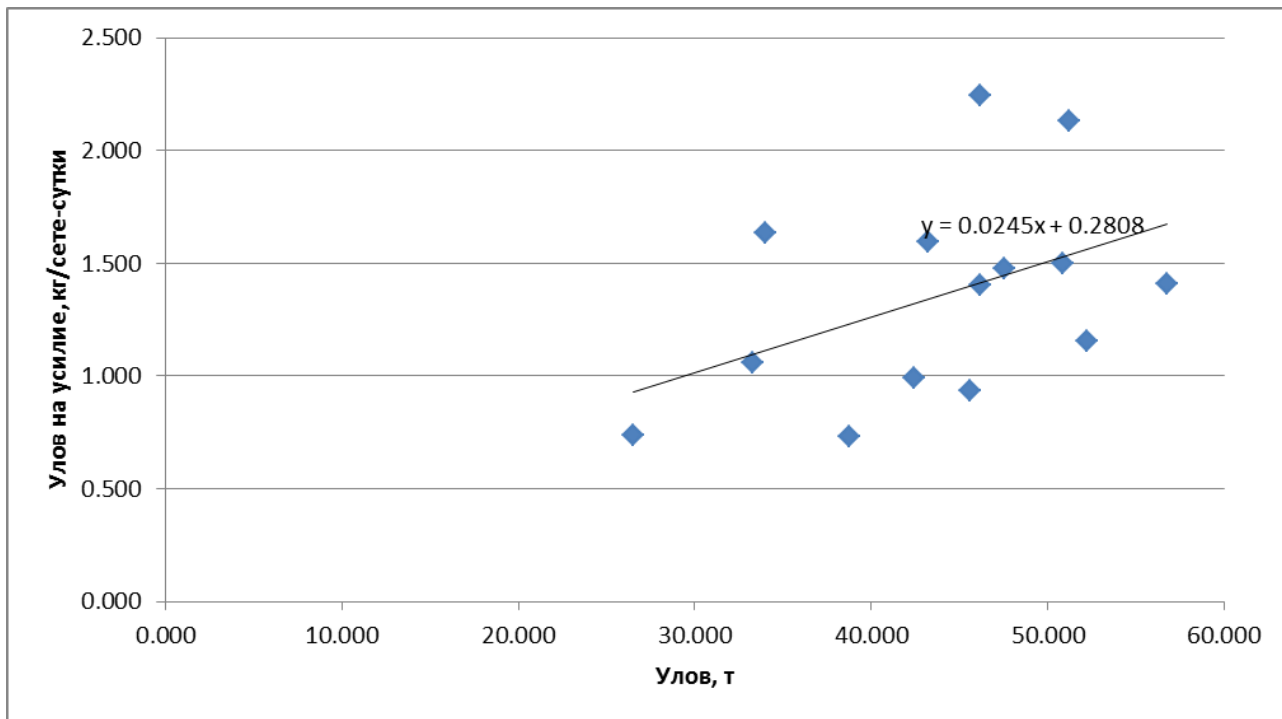


Рисунок 4.4. Зависимость уловов на усилие от промыслового вылова для щуки в 2005–2018 гг.

### Обоснование выбора методов оценки запаса

Доступная информация обеспечивает проведение ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием продукционных моделей эксплуатируемого запаса. Для этих целей была выбрана программа COMBI 4.0, уже использовавшаяся нами ранее. Основанием для выбора этой программы послужили последние опубликованные рекомендации ВНИРО (Бабаян и др., 2018). В данной программе предусмотрены все необходимые этапы обоснования величины ОДУ, что является ее неоспоримым достоинством. Немаловажным преимуществом COMBI 4.0 также является ее относительно простой и понятный интерфейс.

В прикладной программе COMBI 4.0 предусмотрено использование трех продукционных моделей:

1) Модели Шефера (Schaefer, 1954), основанной на логистическом законе популяционного роста:

$$dB/dt = rB \cdot (1 - B/K) - qEB;$$

2) Модели Фокса (Fox, 1970), в которой логистическая функция популяционного роста заменена на функцию Гомперца, что приводит к нелинейной зависимости производительности промысла от величины промыслового усилия:

$$dB/dt = rB \cdot (-\ln (B/K)) - qEB;$$

3) Обобщенной модели Пелла-Томлинсона (Pella, Tomlinson, 1969), в которой для описания популяционного роста принято уравнение Ричардса, что придает модели дополнительную степень свободы и позволяет генерировать целое семейство кривых устойчивого улова:

$$dB/dt = rB \cdot (1 - (B/K)^a) - qEB,$$

где  $B$  – текущее значение биомассы запаса,  $r$  – мгновенный коэффициент популяционного роста,  $K$  – уравнивающая биомасса девственного запаса (емкость среды),  $q$  – коэффициент улавливаемости,  $E$  – величина промыслового усилия.

Необходимые для работы этой программы данные включают в себя исторические ряды уловов ( $C$ ), промысловых усилий ( $E$ ) и уловов на единицу усилия ( $U$ ). В нашем случае в качестве параметра «улов на единицу усилия» использовали уловы на сете-сутки (Таблица 4.2). Количество промысловых усилий получали как частное между величиной промысловых уловов (Таблица 4.1) и уловами на сете-сутки.

Значения коэффициентов корреляции между величинами  $U$  и  $E$  (их отрицательность), полученные на этапе оценки качества исходных данных, указывают на возможность использования всех продукционных моделей, заложенных в программе (Таблица 4.3). Значения коэффициентов корреляции также могут служить предварительным критерием выбора продукционной модели. Как видно из приведенных ниже данных, всем три модели в данном случае выдают очень близкие значения этого параметра, что делает предварительный выбор модели затруднительным.

**Таблица 4.3 - Связь между количеством промысловых усилий и величинами уловов на усилие для щуки Рыбинского водохранилища**

	Тип производственной модели		
	Модель Шефера	Модель Фокса	Модель Пелла-Томлинсона
Коэфф. корреляции	-0.7755	-0.7711	-0.777

При наличии отрицательной связи между величиной промыслового усилия и уловом на единицу усилия выбор наиболее адекватной модели может быть осуществлен двумя способами: 1) по полному набору данных и 2) по усеченному набору данных. В обоих случаях теоретические значения уловов на усилие ( $\bar{U}$ ) восстанавливаются с помощью динамической модели вида:

$$\bar{U} = U_{i-2} + r * (U_{i-1} + U_{i-2}) + G((U_{i-1} + U_{i-2}) / 2q) - 2qC_{i-1},$$

где  $r$  – параметр популяционного роста,  $q$  – коэффициент улавливаемости,  $U$  – наблюдаемые значения улова на единицу промыслового усилия,  $C$  – общий вылов,  $G(\bullet)$  – производственная функция запаса, описывающая годовой прирост биомассы и зависящая от формулировки модели.

Производственная функция имеет вид:

$$G(\bullet) = 1 - B/K - \text{для модели Шефера,}$$

$$G(\bullet) = \ln(B/K) - \text{для модели Фокса,}$$

$$G(\bullet) = 1 - (B/K)^a - \text{для модели Пелла-Томлинсона,}$$

где  $B$  – биомасса запаса,  $K$  – емкость среды (девственная биомасса запаса).

Определение численных значений параметров  $r$ ,  $K$ ,  $q$  и  $a$  производится в ходе исследования целевой функции ( $L$ ), описывающей степень отклонения модельных значений уловов на единицу усилия от наблюдаемых. Программой предусмотрены три таких функции:

$$- \text{сумма квадратов отклонений } (L = \sum \varepsilon_i^2),$$

$$- \text{логарифмическая сумма квадратов } (L = \sum (\ln(\varepsilon_i^2 + 1))^2),$$

$$- \text{медианное отклонение } (L = M_e |\varepsilon_i|),$$

где  $\varepsilon_i$  – остатки, рассчитываемые как  $\varepsilon_i = U_i - \bar{U}_i$ . При расчете отклонения пользователю предоставляется возможность задать ширину медианного окна. В

данном случае, исходя из адекватности получаемых значений параметров  $r$  и  $K$ , было выбран вариант по умолчанию – без отсечения элементов массива.

Выбор адекватной модели по полному набору данных определяется, в первую очередь, наименьшим значением целевой функции (Рисунок 4.5). Начальные и граничные условия для поиска минимума целевой функции (параметры  $r$ ,  $K$  и  $q$ ) после предварительного тестирования были взяты в соответствие со значениями по умолчанию. Выделенные красным цветом значения параметра  $K$  на рисунке 4.5 указывают на нежелательное использование соответствующих моделей для дальнейшего анализа.

Результат				
	$r$	$K$	$q$	$L$
Вид целевой функции				
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Шефера				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.36	6625	0.000204	0.516
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.34	6625	0.000204	0.463
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.46	689	0.002392	0.380
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Фокса				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.42	6625	0.000198	0.512
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.40	6625	0.000197	0.458
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.34	6625	0.000191	0.375
<input checked="" type="checkbox"/> Модель Пелла-Томлинсона				
<input checked="" type="checkbox"/> Сумма квадратов	0.36	6625	0.000204	0.516
<input checked="" type="checkbox"/> Лог. сумма кв.	0.34	6625	0.000204	0.463
<input checked="" type="checkbox"/> Медианная	0.37	1133	0.001341	0.380

Рисунок 4.5. Результаты оценок параметров моделей в COMBI 4.0 для щуки

В ходе поиска наиболее подходящей модели нами было отмечено, что варианты моделей с наименьшим значением целевой функции не всегда выдают адекватные значения максимального устойчивого вылова (MSY), что зачастую приводило к получению некорректного набора вариантов правил регулирования промысла (ППП). В результате, получили 2 варианта (модели Шефера и Пелла-Томлинсона с функцией медианного отклонения) с умеренно завышенными значениями параметра  $r$  (в диапазоне 0.30–0.50). Исходя из наименее завышенного значения MSY, получаемого на этапе определения биологических ориентиров, а

также из реалистичного значения параметра  $K$  (689 т), нами был сделан выбор в пользу модели Шефера с функцией медианного отклонения.

### Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Стационарные (равновесные) версии моделей, реализованных в COMBI 4.0, используются программой для оценки ориентиров управления промыслом (см. следующий раздел), динамические версии – для ретроспективного восстановления изменений биомассы запаса (Рисунок 4.6), а также для прогнозирования будущих состояний системы «запас–промысел». Так как выполнение обеих задач динамических версий в COMBI 4.0 совмещены, ретроспективные оценки запаса выводятся программой на заключительном этапе работы.

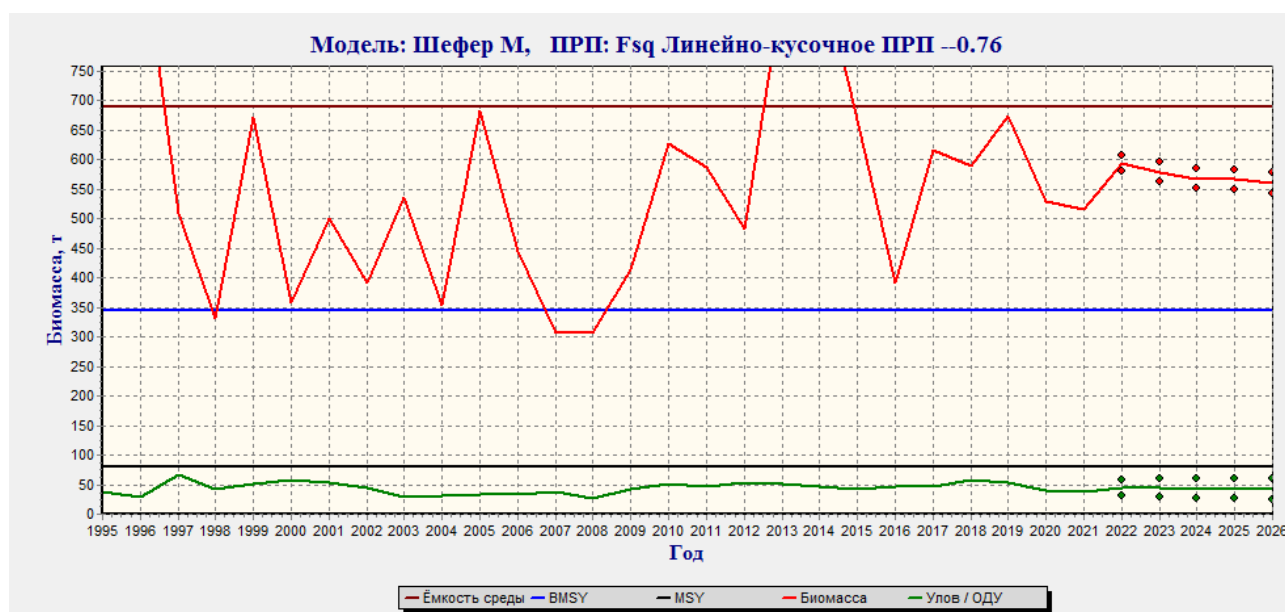


Рисунок 4.6. Прогноз биомассы запаса и уловов щуки на 5 лет вместе с ретроспективой этих параметров

На графике динамики биомассы запаса щуки, приведенном на рисунке 4.6 заметны высокоамплитудные колебания значений данного параметра в период 1995–2021 гг. При этом, прогнозные значения как биомассы промыслового запаса, так и уловов (в 2022–2026 гг.) находятся в относительно узких интервалах.

Следует подчеркнуть, что полученные в ходе работы с программой COMBI 4.0 оценки запаса щуки относятся к условной части этого запаса, официально декларируемой промыслом.



Анализ скорректированных данных по промысловому вылову показывает, что в период с 2014 по 2017 гг. имеет место стабилизация промысловых уловов щуки в Рыбинском водохранилище на уровне 43–48 т (Таблица 4.1). В 2018-2019 гг. промысловый вылов щуки увеличился и составил 54–57 т. В 2020-2021 гг. произошло снижение вылова – до 39-40 т, причем в 2021 г. это снижение было связано с заниженными оценками ОДУ на 2021 и 2022 г., основанными на использовании только промысловых данных ввиду отсутствия необходимого финансирования. В более длительной ретроспективе следует говорить о снижении как промысловых уловов, так общей ихтиомассы щуки (Герасимов, 2013).

Согласно официальной промысловой статистике, доля освоения промысловой квоты щуки на Рыбинском водохранилище в период с 2009 по 2018 гг. колебалась в пределах 70–95% и в среднем составляет 84.5% (Таблица 4.4). В 2019 г. промысловый вылов щуки официально превысил объем соответствующей квоты на 8% (отдельно по Ярославской области – на 15%). В 2020 г. освоение промысловой квоты вернулось к упомянутому выше диапазону и составило 79.1%.

**Таблица 4.4 - Освоение промысловой квоты щуки на Рыбинском водохранилище в 2009–2021 гг.**

	Год наблюдений												
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Освоение квоты, %	81.3	95.2	70.1	94.9	89.7	82.5	70.9	83.7	–	91.9	108.0	79.1	–
Примечание: «–» означает отсутствие данных													

### Определение биологических ориентиров

Данный этап в программе COMBI 4.0 реализован сразу после оценки параметров модели. Все целевые и граничные ориентиры рассчитаны по умолчанию:

– целевой ориентир по биомассе ( $B_{tr}$ ) устанавливается на уровне  $B_{MSY}$ , граничный ориентир ( $B_{lim}$ ) – на уровне  $0.1 * B_{MSY}$ ;

– целевые и граничные ориентиры по промысловому усилию ( $E_{tr}$  и  $E_{lim}$ ) и, соответственно, по промысловой смертности ( $F_{tr}$  и  $F_{lim}$ ) устанавливаются на уровне  $E_{MSY}$  и  $F_{MSY}$ .

Ниже (Рисунок 4.7) приведены график зависимости продукции от биомассы запаса щуки и значения биологических ориентиров. Поскольку значение  $MSY$ , несмотря на выбор модели, основанный на получении наиболее адекватного значения данного параметра (а также значений параметров  $r$  и  $K$ ), оказалось завышенным (79.8 т), на следующем этапе работы с программой особое внимание уделялось выбору целевого ориентира по промысловой смертности.

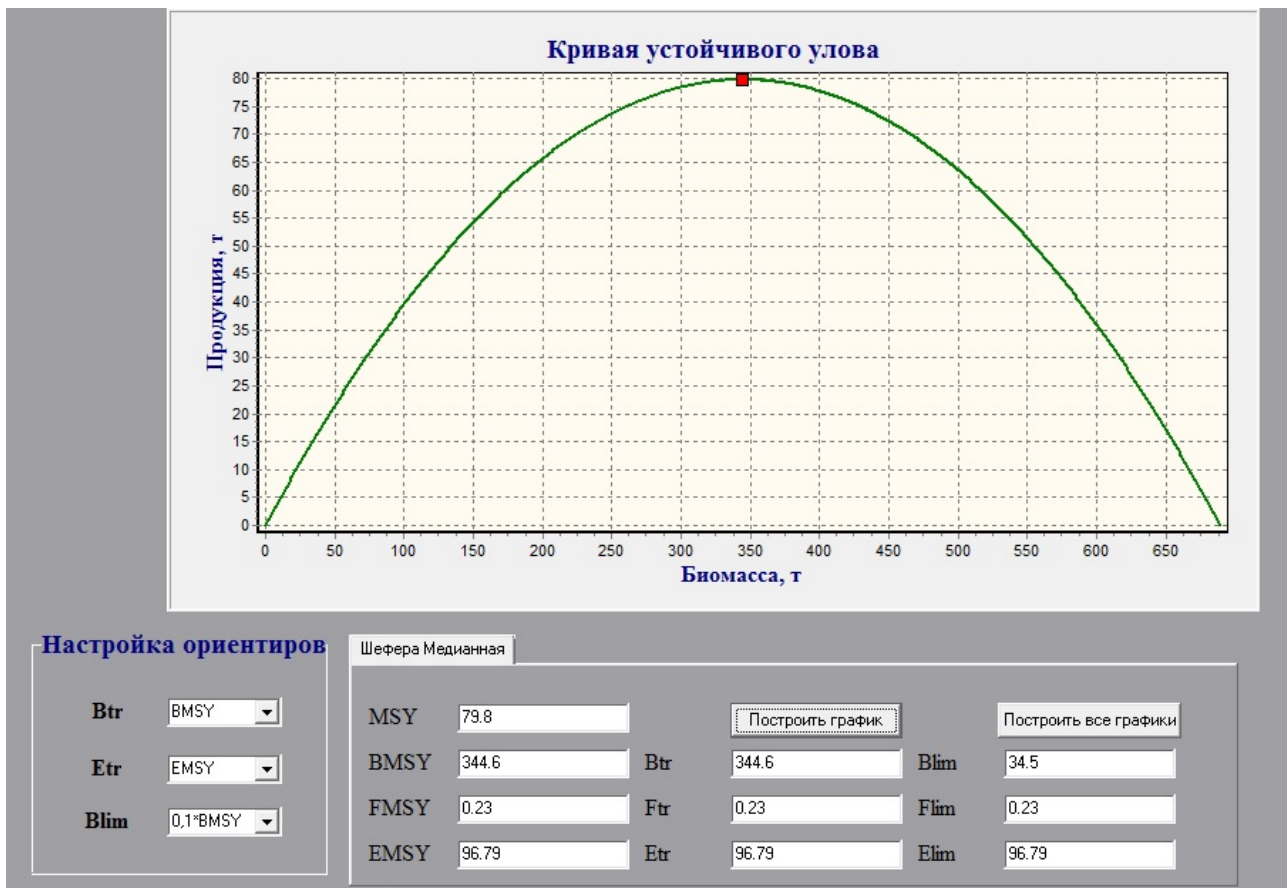


Рисунок 4.7. Результаты оценки ориентиров управления запасом щуки в Рыбинском водохранилище

### Обоснование правила регулирования промысла

Для выбора и «настройки» правила регулирования промысла (ПРП) в программе COMBI 4.0 пользователю предоставлена возможность выбора между двумя функциями, задающими зависимость коэффициента промысловой смертности от биомассы запаса: кусочно-линейной и логистической. Также здесь предоставлена возможность для корректировки целевого ориентира по промысловой смертности. И наконец, на данном этапе есть возможность изменения

коэффициента формы ( $\alpha$ ) в интервале от  $-1$  до  $1$  (для кусочно-линейной функции), и от  $1$  – для логистической функции. Конкретную форму последней, помимо коэффициента формы, определяет положение точки перегиба ( $\beta$ , где параметр  $\beta$  выражен в долях от целевого ориентира по биомассе  $B_{tr}$ ). Таким образом, изменяя значения указанных выше параметров и выбирая между кусочно-линейной и логистической функциями, пользователю предлагается сформировать целый ряд вариантов правил регулирования промысла и занести их в список ПРП, подлежащих дальнейшему тестированию на эффективность.

В данной версии программы также добавлена функция «оптимизация ПРП» для предварительного анализа выбранного варианта ПРП во всем диапазоне значений.

Процедура оптимизации была проведена как для вариантов ПРП, имеющих форму линейно-кусочной функции, так и для вариантов, имеющих форму логистической функции (совместное использование программы COMBI 4.0 и программной среды R).

Итоговый список ПРП для щуки содержит 10 вариантов, 5 из которых имеют вид кусочно-линейной функции, а 5 других – логистической функции (Рисунок 4.8).

<b>Бутстреп</b> <b>Прогнозный горизонт</b> <b>Кол-во прогнозов</b>		Параметрический 5 10000	<b>Оценка коэффициентов эффективности</b>		Fsq75 Логистическое 5.6 0.14 Fsq Логистическое 6 0.28 F01 Логистическое 8 0.18 FMSY Логистическое 3.2 0.44 Расчет окончен	Fsq Линейно-кусочное ПРП -0.76		
Модель и метод аппроксимации	ПРП	Время восстановления	Средняя биомасса на прогнозе	Средний улов на прогнозе	Биомасса прогнозная к ретроспективной	Улов прогнозный к ретроспективе	Вероятность В прогнозная < B <sub>lim</sub>	Вероятность С прогнозный < C <sub>min</sub>
Шефера Медианная	FMSY Линейно-Кусочное -1	0	472.0	109.3	0.9	2.5	0.94	0
Шефера Медианная	F01 Линейно-Кусочное -0.6	0	486.5	101.8	0.9	2.3	1	0.01
Шефера Медианная	Fsq Линейно-Кусочное -0.76	0	574.7	43.3	1.1	1.0	0.97	0.04
Шефера Медианная	Fsq75 Линейно-Кусочное -0.64	0	586.4	33.1	1.1	0.7	0.99	0.17
Шефера Медианная	Fsq125 Линейно-Кусочное -0.56	0	559.6	52.6	1.0	1.2	1	0.02
Шефера Медианная	Fsq125 Логистическое 6.2 0.46	0	560.1	52.8	1.0	1.2	0	0.02
Шефера Медианная	Fsq75 Логистическое 5.6 0.14	0	587.1	33.2	1.1	0.8	0	0.17
Шефера Медианная	Fsq Логистическое 6 0.28	0	571.2	43.1	1.1	1.0	0	0.04
Шефера Медианная	F01 Логистическое 8 0.18	0	485.1	102.0	0.9	2.3	0	0
Шефера Медианная	FMSY Логистическое 3.2 0.44	0	471.9	108.6	0.9	2.5	0	0.02

Рисунок 4.8. Результаты оценок коэффициентов эффективности ПРП для щуки Рыбинского водохранилища

В результате нами был сделан выбор в пользу варианта ПРП, основанным на уровне промысловой смертности  $F_{sq}$  и имеющей вид линейно-кусочной функции с коэффициентом формы -0.76. Основанием для этого послужило значение среднего улова на прогнозном горизонте (43.3 т), которое представляется наиболее адекватным по нескольким причинам. Во-первых, несмотря на то, что данное значение приблизительно соответствует значению ретроспективного вылова, оно, при детальном рассмотрении ниже его, и, следовательно, соотносится с необходимостью снижения промыслового вылова щуки, обусловленной тем фактом, что к настоящему времени высокая промысловая нагрузка привела к значительному снижению ее запасов (Герасимов, 2013). При подробном рассмотрении динамики скорректированного промыслового вылова щуки (Таблица 4.1) можно обнаружить, что наиболее высокие значения данного параметра отмечались в периоды 1997–2002 и 2009–2019 гг. со средними значениями 53.0 и 48.8 т, соответственно. Кроме того, как уже отмечалось ранее, низкое значение промыслового вылова в 2021 г. связано с соответствующим ему заниженным значением ОДУ. Во-вторых, значения улова на усилия (Таблица 4.2) как за период 2019–2021 гг. (когда эти значения были восстановлены), так и в предшествующие ему годы (2017-2018 гг.) примерно соответствовали среднему ретроспективному значению данного показателя за весь рассматриваемый период (1995–2021 гг.). Таким образом, варианты ПРП, где значение среднего улова на прогнозном горизонте составляет 70–80% от ретроспективного, приводили бы к существенному занижению ОДУ щуки на 2023 г. Ниже приведена графическая иллюстрация выбранного нами варианта ПРП (Рисунок 4.9).

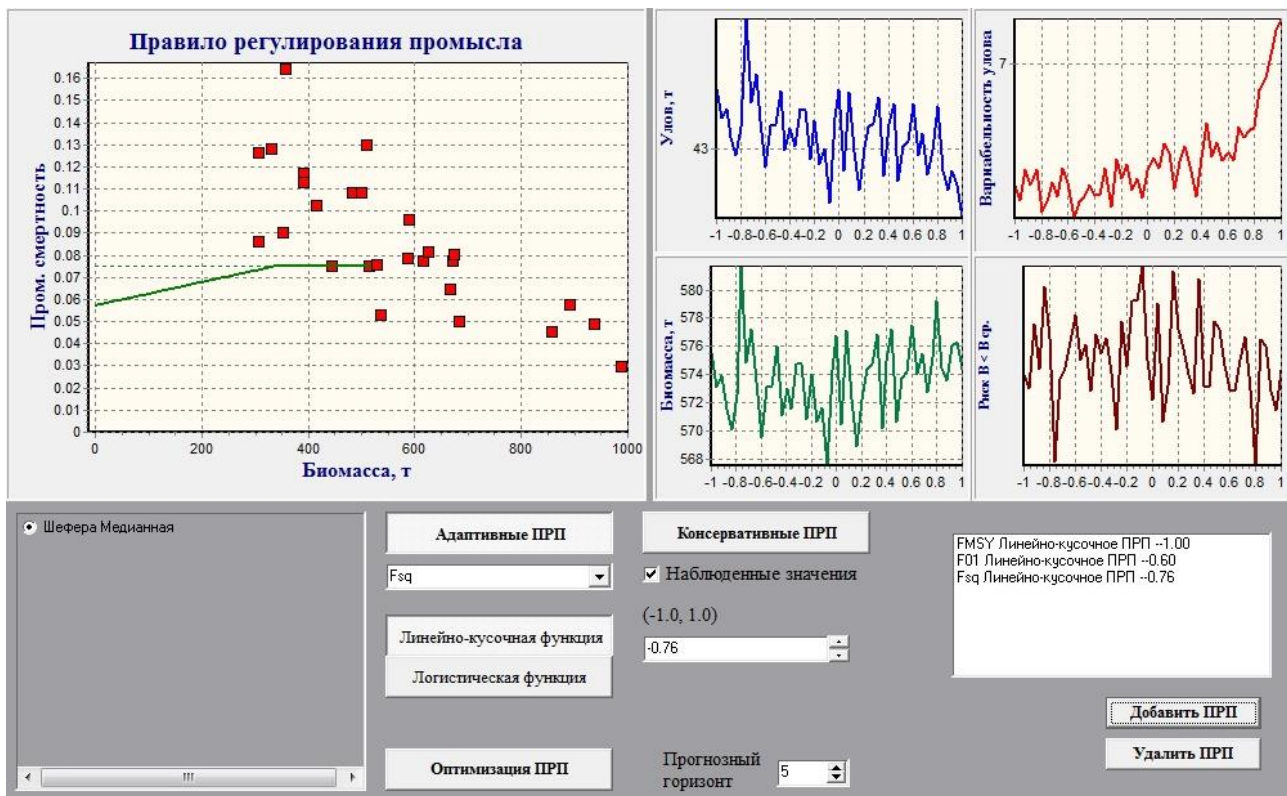


Рисунок 4.9. Итоговый вариант правила регулирования промысла для щуки Рыбинского водохранилища

### Прогнозирование состояния запаса и обоснование рекомендуемого объема ОДУ

Данный этап в программе COMBI 4.0 полностью автоматизирован и совмещён с восстановлением ретроспективы как биомассы запаса, так и промысловых уловов (Рисунок 4.6). В нашем варианте использовался прогнозный горизонт в 5 лет, установленный в программе по умолчанию. Опция «добавить шум», также включенная по умолчанию, позволила получить интервальные оценки прогнозируемых уловов (Таблица 4.5). Границы интервалов устанавливаются таким образом, чтобы прогнозное значение улова попадало внутрь интервала с 90%-ной вероятностью.

Таблица 4.5 - Результаты оценок биомассы запаса и ОДУ щуки Рыбинского водохранилища с пятилетней заблаговременностью, полученных в программе COMBI 4.0

Год	Биомасса запаса, т	Прогнозируемый улов, т	Интервальная оценка прогнозируемого улова, т
2022	593	45	31 - 58
2023	579	44	28 - 60
2024	567	43	26 - 59
2025	566	43	26 - 59
2026	560	42	25 - 59

Поскольку приведенные в таблице 4.5 значения прогнозируемых уловов основаны только на промысловом вылове, они не могут быть использованы в качестве рекомендуемых объемов ОДУ. В связи с вышесказанным было принято решение взять в качестве одного из исходных ориентиров для расчета ОДУ на 2023 г. значение среднего улова на прогнозном горизонте, полученное на этапе оценивания коэффициентов эффективности ПРП (43.3 т). Принимая во внимание относительную стабилизацию промысловых уловов щуки в 2014–2017 гг. (Таблица 4.1), а также незначительную вариабельность оценок ОДУ в соответствующий период (Таблица 4.6), было принято решение в качестве остальных исходных ориентиров взять средние значения этих параметров за указанный период (Таблица 4.7). Используя простую пропорцию, получили итоговое значение ОДУ для щуки Рыбинского водохранилища на 2023 год – 59 тонн.

**Таблица 4.6 - Оценки ОДУ для щуки Рыбинского водохранилища в 2014–2017 гг.**

	Год наблюдений			
	2014	2015	2016	2017
ОДУ, т	62	61	63	63

**Таблица 4.7 - Оценка ОДУ для щуки Рыбинского водохранилища на 2023 г.**

Промысловый вылов, т		ОДУ, т	
Ретроспектива	Прогноз	Ретроспектива	Прогноз
45.7	43.3	62.3	59.0

### **Анализ и диагностика полученных результатов**

На каждом из предыдущих этапов работы полученные результаты анализировались и сопоставлялись с уже имеющимися данными. Значительное увеличение объема ОДУ на 2023 г. для щуки Рыбинского водохранилища по сравнению с объемами ОДУ на 2021 и 2022 гг. (44.9 и 47.2 т соответственно) обусловлено использованием в два прошлых года только промысловых данных ввиду отсутствия необходимого финансирования.

Средняя оценка промыслового запаса щуки Рыбинского водохранилища на прогнозном горизонте (574.7 т) представляется несколько завышенной (Рисунок

4.8). По нашим оценкам данная величина должна примерно соответствовать значению BMSY (344.6 т), полученному на этапе определения биологических ориентиров (Рисунок 4.7). Таким образом, расчетная величина ОДУ щуки на 2023 г., которая равна 59 т, является относительно щадящей (уровень смертности, связанный с общим выловом, составит 17.1%). Но, поскольку доля неучтенного вылова наиболее ценных промысловых видов рыб (в том числе и щуки) на Рыбинском водохранилище остается крайне высокой, корректировка полученной величины ОДУ щуки на 2023 г., нецелесообразна, а сама величина ОДУ при соблюдении правил рыболовства гарантирует невозможность подрыва исследуемого запаса.

### **Оценка воздействия промысла на окружающую среду**

Оценка состояния экосистемы Рыбинского водохранилища проводится по результатам ежегодного мониторинга качества среды и структурных характеристик основных компонентов биоты: фито- и зоопланктона, бентоса и т. д. На настоящий момент не выявлены какие-либо изменения экосистемы Рыбинского водохранилища, обусловленные ведением промысла водных биологических ресурсов.

## 5. Сом пресноводный (виды рода *Silurus*)

### Адресная информация

Объект оценки: сом (жилая форма) (*Silurus glanis*, L.).

Водоем: Рыбинское водохранилище, Северный рыбохозяйственный район Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

Сом пресноводный Рыбинского водохранилища, как уже отмечалось выше, вследствие высокого уровня браконьерства стал редким видом. В уловах он представлен в основном малоразмерными неполовозрелыми особями в возрасте 3+, 4+ и 5+ и весом, соответственно, 1.074 кг, 1.467 кг и 2.767 кг. Промысловая статистика по уловам сома пресноводного не соответствует действительности, что связано с использованием сома пресноводного на личные нужды рыбаков, т.е. наблюдается массовое хищение его промысловиками.

Активными орудиями лова сом пресноводный Рыбинского водохранилища не ловится, поскольку распределение его приурочено к остаткам древесной растительности на дне водохранилища. Проводимый анализ показывает отсутствие доступного информационного обеспечения. Учет незначительной части особей, попадающих в траловые уловы, дает величину запаса сома пресноводного равную 7.5 т, что является явно заниженной оценкой.

Официальные уловы сома пресноводного длительное время сохранялись на уровне 6-7 т, в последние годы они не превышают 3-4 т, но они не отражают истинной картины из-за значительного браконьерства и сокрытия уловов. Кроме того, 2016–2018 гг. в связи с попытками вывода сома пресноводного из «ОДУемых», он был выведен из перечня «ОДУемых», но не попал в перечень видов, для которых ОДУ не определяется. В результате, в течение 2016–2018 гг. он исчез из промысловой статистики полностью, а в 2019 г. присутствовал в промысловых уловах лишь на территории Вологодской области (0.96 т). И только в с 2020 г. он появился в промысловой статистике уловов на Рыбинском водохранилище на территории Ярославской области. Его суммарный промысловый вылов по Ярославской и Вологодской областям в 2020 г. составил 3.9 т, а в 2021 г. – 3.2 т.



Учитывая отсутствие доступного информационного обеспечения, основанного на научных уловах и данных промысловой статистики об уловах сома за 2016–2019 гг., считаем, что прогноз ОДУ сома пресноводного на 2023 г. не должен превышать 5.3 т – величину прогноза ОДУ сома пресноводного, определенного на 2016 г. (последнее значение ОДУ до прекращения его официального лова в 2016–2019 гг.). Данная величина ОДУ при соблюдении правил рыболовства гарантирует невозможность подрыва исследуемого запаса.

**6. Прогноз ОДУ водных биологических ресурсов Рыбинского водохранилища  
на 2023 год в табличной форме**

Виды	2023
Лещ	412,4
Судак	66,7
Щука	59,0
Сом пресноводный	5,3

**7. Распределение общих допустимых уловов водных биологических ресурсов на Рыбинском водохранилище в пределах Ярославской, Вологодской и Тверской областей, применительно к видам квот их добычи (вылова) на 2023 год, тонн**

**Водные объекты Ярославской области**

Видовой состав	Квоты добычи (вылова) в целях осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях	Объём общего допустимого улова за исключением рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях	Общий допустимый улов
<b>Рыбинское водохранилище, Центральный, Волжский плесы</b>			
Лещ	5	285,330	290,330
Щука	0,8	40,736	41,536
Судак	1	45,957	46,957
Сом пресноводный	0,1	3,631	3,731

**Водные объекты Вологодской области**

Видовой состав	Квоты добычи (вылова) в целях осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях	Объём общего допустимого улова за исключением рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях	Общий допустимый улов
<b>Рыбинское водохранилище, Шекснинский плес</b>			
Лещ	0,15	102,125	102,275
Щука	0,1	14,532	14,632
Судак	0,15	16,392	16,542
Сом пресноводный	0,05	1,264	1,314
<b>Рыбинское водохранилище, Моложский плес</b>			
Лещ	0,15	9,748	9,898
Щука	0,1	1,316	1,416

Судак	0,15	1,451	1,601
Сом пресноводный	0,05	0,077	0,127

### Водные объекты Тверской области

Видовой состав	Квоты добычи (вылова) в целях осуществления рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях	Объём общего допустимого улова за исключением рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях	Общий допустимый улов
<b>Рыбинское водохранилище, Моложский плес</b>			
Лещ	0,06	9,838	9,898
Щука	0,04	1,376	1,416
Судак	0,06	1,541	1,601
Сом пресноводный	0,02	0,107	0,127

### 8. Угличское водохранилище

Согласно приказу Минсельхоза России от 08.09.2021 г. № 618 «Об утверждении Перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов водных биологических ресурсов» (зарегистрирован Минюстом России 15 октября 2021 г., регистрационный № 65432), общий допустимый улов водных биологических ресурсов, обитающих в Угличском водохранилище в границах Ярославской области, устанавливается в отношении следующих видов водных биологических ресурсов: лещ (*Abramis brama*), судак (*Sander lucioperca*), щука (*Esox lucius*). В водных объектах Тверской области, за исключением Рыбинского водохранилища, общий допустимый улов водных биоресурсов не устанавливается. Согласно данному приказу, в Угличском водохранилище в границах Тверской области такие виды водных биоресурсов, как лещ, судак, щука, не являются видами водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов.

Для выполнения обоснования объемов общих допустимых уловов водных биологических ресурсов Угличского водохранилища в границах Ярославской области необходимо провести оценку запасов и уловов указанных видов водных

биологических ресурсов всего водохранилища, расположенного в границах Тверской и Ярославской областей, определить величину общих допустимых уловов и рекомендованного вылова водных биоресурсов водохранилища в целом, а затем выделить ее часть пропорционально площади акватории, расположенной в границах Ярославской области.

Угличское водохранилище (площадь 24,9 тыс. га) – рыбохозяйственный водный объект высшей категории. Является русловым водохранилищем на р. Волга, располагается на территориях Тверской (18,9 тыс. га) и Ярославской (6 тыс. га) областей.

По составу ихтиофауны Угличское водохранилище относится к водоемам лещово-плотвичного типа.

В 2021 г. на Угличском водохранилище в границах Тверской области имело место только любительское рыболовство и рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях; на водохранилище в границах Ярославской области осуществлялось также и промышленное рыболовство АО «Угличская птицефабрика» одной бригадой из двух человек. На лову использовались 3 ставные сети.

Угличское водохранилище в 2021 г. посетило 17143 рыбаков-любителей, что ниже прошлогоднего показателя в 1,41 раза. Основными орудиями лова являлись удочки, спиннинги, жерлицы и др. Видовой состав уловов рыбаков-любителей традиционный. Ими было добыто 6,0 т видов рыб, на которые устанавливается ОДУ, что ниже вылова 2020 г. в 1,47 раза. В среднем улов одного рыбака-любителя равнялся 0,35 кг, что в 1,03 раза ниже показателя 2020 г. Преобладал лещ – 90,0%, вылов судака составил 1,7%, щуки – 8,3%. Вылов рыбаками-любителями в 2021 г. и предыдущие годы представлен в таблице 1.

В научно-исследовательских и контрольных целях в 2021 г. применялись ставные сети. Выловлено 0,03 т видов рыб, на которые устанавливается ОДУ, в том числе: леща – 0,02171 т, щуки – 0,00149 т, судака – 0,00658 т.

**Таблица 1 – Вылов основных видов рыб на Угличском водохранилище рыбаками-любителями, т**

Виды рыб	2017 г.	%	2018 г.	%	2019 г.	%	2020 г.	%	2021 г.	%
лещ	4,8	68,6	5,4	90,0	5,4	90,0	7,8	88,6	5,4	90,0
судак	0,4	5,7	0,1	1,7	0,1	1,7	0,2	2,3	0,1	1,7

щука	1,8	25,7	0,5	8,3	0,5	8,3	0,8	9,1	0,5	8,3
<i>Всего</i>	<i>7,0</i>	<i>100</i>	<i>6,0</i>	<i>100</i>	<i>6,0</i>	<i>100</i>	<i>8,8</i>	<i>100</i>	<i>6,0</i>	<i>100</i>
<i>вылов на одного любителя, кг</i>	<i>0,14</i>		<i>0,35</i>		<i>0,39</i>		<i>0,36</i>		<i>0,35</i>	
<i>количество рыбаков, чел.</i>	<i>51570</i>		<i>17430</i>		<i>15385</i>		<i>24175</i>		<i>17143</i>	

При осуществлении промышленного рыболовства на одном рыболовном участке, закрепленном за АО «Угличская птицефабрика» в границах Ярославской области, добыто (выловлено) 0,9 т видов рыб, на которые устанавливается ОДУ, в том числе: леща – 0,744 (0,7) т, судака – 0,071 (0,1) т, щуки – 0,097 (0,1) т (таблица 2).

**Таблица 2 – Вылов основных видов рыб на Угличском водохранилище при осуществлении промышленного рыболовства, т**

Виды рыб	2017 г.	%	2018 г.	%	2019 г.	%	2020 г.	%	2021 г.	%
лещ	2,1	91,4	2,1	95,4	0,5	100	0,1	100	0,7	77,8
судак	0,1	4,3	<0,1	-	<0,1	-	<0,1	-	0,1	11,1
щука	0,1	4,3	0,1	4,6	<0,1	-	<0,1	-	0,1	11,1
<i>Всего</i>	<i>2,3</i>	<i>100</i>	<i>2,2</i>	<i>100</i>	<i>0,5</i>	<i>100</i>	<i>0,1</i>	<i>100</i>	<i>0,9</i>	<i>100</i>

По экспертной оценке, фактический вылов основных видов рыб, куда помимо улова по статистике входит также и неучтенный, составил 25,7 т (таблица 3).

**Таблица 3 – Экспертная оценка уловов рыбы в Угличском водохранилище в 2021 г.**

Виды рыб	ОДУ, т (2021 г.)	ВЫЛОВ			
		Улов по статистике, т	Неучтенный вылов, т	Фактический вылов, т	Отклонение от ОДУ, т
лещ	586	6,1	18,3	24,4	561,6
судак	1,4	0,2	0,3	0,5	0,9
щука	1,9	0,6	0,2	0,8	1,1
<i>Всего</i>	<i>589,3</i>	<i>6,9</i>	<i>18,8</i>	<i>25,7</i>	<i>563,6</i>

Общий допустимый улов на 2021 г., определенный в объеме 589,3 т, фактически освоен всеми видами лова на 4,4%, по статистике – на 1,2%. По-прежнему, значительно недоиспользуются запасы леща.

Для более полного использования биопродукционных возможностей водоема, улучшения качественного состава ихтиофауны в Угличское водохранилище в 2021 г. было выпущено 1144,7 тыс. шт. молоди стерляди средней штучной навеской 2,5 г, 5,334 тыс. шт. молоди стерляди средней штучной навеской 3,0 г, 120,0 тыс. шт.

молоди сазана средней штучной навеской 20 г, 76,9 тыс. шт. молоди толстолобика средней штучной навеской 25,0 г, 20,09 тыс. шт. молоди толстолобика средней штучной навеской 15,0 г.

Промысловые запасы и общие допустимые уловы (рекомендованный вылов) основных видов рыб в Угличском водохранилище представлены в таблице 4.

В Угличском водохранилище за последние 5 лет промысловые запасы рыб, на которые устанавливается ОДУ, находятся в пределах 2195-3179 т. ОДУ (РВ) на 2023 г. установлен в объеме 555,5 т.

**Таблица 4 – Промысловые запасы и общие допустимые уловы (рекомендованный вылов) основных видов рыб на Угличском водохранилище\***

Рыбы	Уловы, т (2021 г.)	Промысловый запас, т					ОДУ (РВ), т** 2023 г.
		годы					
		2017	2018	2019	2020	2021	
лещ	6,1	2174	2933	3157	2904	2819	552
судак	0,2	10	9	10	11	10	1,4
щука	0,6	11	11	12	13	13	2,1
<i>Всего</i>	<i>6,9</i>	<i>2195</i>	<i>2953</i>	<i>3179</i>	<i>2928</i>	<i>2842</i>	<i>555,5</i>
Примечание							
* – расчеты приведены на всю площадь в границах Тверской и Ярославской областей							
**- ОДУ в границах Ярославской области, РВ – в границах Тверской области							

Лещ традиционно преобладает в ихтиофауне водохранилища (99,0-99,3% по биомассе от видов, указанных в таблице 4).

Распределение объемов общих допустимых уловов (рекомендованного вылова) водных биологических ресурсов Угличского водохранилища между Тверской и Ярославской областями на 2023 г. представлено в таблице 5.

**Таблица 5 – Распределение общих допустимых уловов (рекомендованного вылова) основных видов рыб Угличского водохранилища между Тверской и Ярославской областями на 2023 г.**

Виды рыб*	ОДУ (РВ), т 2023 г. всего	Рекомендованный вылов (РВ) на 2023 г., т (Тверская область)	Промысловый запас, т в 2021 г. в границах Ярославской области	<b>Общий допустимый улов (ОДУ) на 2023 г., т (Ярославская область)</b>
лещ	552	419	679,3	<b>133</b>
судак	1,4	1,06	2,41	<b>0,34</b>
щука	2,1	1,59	3,13	<b>0,51</b>
<i>Всего</i>	<i>555,5</i>	<i>421,65</i>	<i>684,84</i>	<i>133,85</i>
* - Согласно приказу Минсельхоза России от 08.09.2021 г. № 618 в отношении данных видов водных биоресурсов на Угличском водохранилище в границах Тверской области в отличие от Ярославской общий допустимый улов (ОДУ) не устанавливается				

Общий допустимый улов водных биологических ресурсов Угличского водохранилища в границах Ярославской области на 2023 г. представлен в таблице 6.

**Таблица 6 – Общий допустимый улов водных биологических ресурсов Угличского водохранилища в границах Ярославской области на 2023 г., т**

Виды рыб	Общий допустимый улов (ОДУ) на 2023 г., т (Ярославская область)
лещ	133
судак	0,34
щука	0,51
<i>Всего</i>	<i>133,85</i>

В Угличском водохранилище в целом и том числе в границах Ярославской области значительно недоиспользуются запасы леща, что позволяет существенно увеличить его добычу.

### **Оценка воздействия на окружающую среду**

#### **Описание возможных видов воздействия на окружающую среду**

При реализации деятельности, связанной с добычей (выловом) водных биологических ресурсов, влияние на земельные ресурсы, воздушный бассейн, подземные воды Ярославской области оказываться не будет. Деятельность по добыче водных биоресурсов не связана с образованием, складированием и утилизацией отходов. Представители растительного мира, произрастающие в водных объектах Ярославской области, не используются в хозяйственной деятельности человека. Поэтому добыча водных биологических ресурсов не будет оказывать негативного влияния на состояние растительного мира.

Воздействие намечаемой деятельности на экосистемы водных объектов промысла не планируется. На основании пункта 15.4.7 Правил рыболовства Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза России от 18.11.2014 г. № 453 (в редакции приказа Минсельхоза России от 06.11.2018 г. № 511 с изменениями на 25.07.2019 г.) при осуществлении рыболовства запрещается: юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям и гражданам допускать загрязнение водных объектов рыбохозяйственного значения и ухудшение естественных условий обитания водных



биоресурсов. В соответствии с Правилами рыболовства Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, предотвращение отрицательного воздействия на водные биологические ресурсы при осуществлении промышленного и любительского рыболовства достигается рядом запретных и ограничительных мер: запретные для добычи (вылова) водных биоресурсов районы, запретные сроки (периоды), минимальные размеры добываемых водных биоресурсов, суммарная суточная норма их добычи (вылова).

Запретные сроки (периоды) добычи (вылова) водных биоресурсов при осуществлении промышленного рыболовства:

с 15 апреля по 15 июня всех видов водных биоресурсов во всех водных объектах рыбохозяйственного значения, за исключением Волгоградского, Саратовского, Куйбышевского, Нижнекамского, Чебоксарского водохранилищ и реки Ока с впадающими в них реками;

при осуществлении любительского рыболовства на водных объектах в границах Ярославской области:

с 15 апреля по 1 июня - в Рыбинском водохранилище со всеми притоками в пределах административных границ Ярославской области, всеми орудиями добычи (вылова), за исключением добычи (вылова) одной поплавочной или донной удочкой с берега с количеством крючков не более 2 штук на орудиях добычи (вылова) у одного гражданина вне мест нереста, указанных в приложении № 6 к Правилам рыболовства "Перечень нерестовых участков, расположенных на водных объектах рыбохозяйственного значения Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна";

с 15 апреля по 15 июня - в Горьковском водохранилище и его притоках на протяжении 25 км от устьев вверх по течению в пределах административных границ Ярославской области, всеми орудиями добычи (вылова), за исключением добычи (вылова) одной поплавочной или донной удочкой с берега с количеством крючков не более 2 штук на орудиях добычи (вылова) у одного гражданина вне мест нереста, указанных в приложении № 6 к Правилам рыболовства "Перечень нерестовых участков, расположенных на водных объектах рыбохозяйственного значения Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна";

с 1 октября по 30 апреля - на зимовальных ямах, указанных в приложении № 5 к Правилам рыболовства "Перечень зимовальных ям, расположенных на водных объектах рыбохозяйственного значения Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна";

с 20 апреля по 29 мая - в озере Неро;

с 20 апреля по 9 мая, с 25 мая по 13 июня и с 15 ноября по 24 декабря - в озере Плещеево;

с распаления льда по 10 июня - в остальных водных объектах рыбохозяйственного значения Ярославской области, за исключением добычи (вылова) одной поплавочной или донной удочкой с берега с общим количеством крючков не более 2 штук на орудиях добычи (вылова) у одного гражданина вне мест нереста, указанных в приложении № 6 к Правилам рыболовства "Перечень нерестовых участков, расположенных на водных объектах рыбохозяйственного значения Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна";

с 15 декабря по 31 января - налима.

Мероприятия по искусственному воспроизводству водных биоресурсов и рыбохозяйственной мелиорации на водных объектах Ярославской области проводятся. При этом разработку указанных мероприятий осуществляет Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), их проведение – Центральный и Верхне-Волжский филиалы ФГБУ «Главрыбвод» под контролем Московско-Окского территориального управления Федерального агентства по рыболовству.

Официальная добыча (вылов) водных биологических ресурсов в водных объектах Ярославской области производится разрешенными орудиями лова, главным образом, ставными сетями. По Правилам рыболовства при осуществлении промышленного рыболовства разрешается также применение ловушек и неводов различных конструкций. Рыбаками-любителями используются разрешенные удочки различных конструкций, включая поплавочные и донные, мормышечные снасти, жерлицы, кружки, спиннинги, а также лов на дорожку и другие орудия лова. Применение комплекса данных орудий и способов лова оказывает воздействие на водные биоресурсы – пресноводные виды рыб. Оценка допустимого воздействия на

объекты животного мира включает в себя определение объемов общих допустимых уловов (ОДУ) водных биоресурсов. Результаты расчетов ОДУ водных биоресурсов приводятся в соответствующих разделах Отчета о НИР.

В соответствии с Правилами рыболовства запрещается при осуществлении рыболовства производить добычу (вылов), приемку, обработку, перегрузку, транспортировку, хранение и выгрузку водных биоресурсов, имеющих в свежем виде длину (в см) менее указанной ниже:

Наименование водных биоресурсов	Промысловый размер, см
Лещ	25
Судак	40
Щука	32

Промысловый размер водных биоресурсов определяется в свежем виде:

у рыб - путем измерения длины от вершины рыла (при закрытом рте) до основания средних лучей хвостового плавника;

у ракообразных - путем измерения тела от линии, соединяющей середину глаз, до окончания хвостовых пластин.

Воздействие применяемых орудий лова на экосистему водных объектов учитывается соблюдением пользователями Правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, которые регламентируют перечень применяемых орудий лова, запретные районы и сроки (периоды) промысла и другие ограничения, особенно в период нереста. В разработке указанных Правил и внесении изменений и дополнений в них принимают участие научно-исследовательские организации, подведомственные Федеральному агентству по рыболовству. Контроль соблюдения Правил рыболовства осуществляют инспекторы рыбоохраны отдела государственного контроля, надзора и охраны водных биологических ресурсов по Ярославской области Московско-Окского территориального управления Федерального агентства по рыболовству.

Ограничения и мероприятия по их выполнению, действующие для рыболовных участков, прибрежная часть которых попадает в границы прибрежных защитных полос (ПЗП) и водоохранных зон (ВОЗ) водных объектов регламентируются Водным кодексом Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (редакция от 13.07.2015 г.), статья 65. Мероприятия по их выполнению

контролируются инспекторами рыбоохраны отдела государственного контроля, надзора и охраны водных биологических ресурсов по Ярославской области Московско-Окского территориального управления Федерального агентства по рыболовству. Ширина водоохранной зоны рек или ручьев устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью:

- 1) до десяти километров - в размере пятидесяти метров;
- 2) от десяти до пятидесяти километров - в размере ста метров;
- 3) от пятидесяти километров и более - в размере двухсот метров.

Для реки, ручья протяженностью менее десяти километров от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере пятидесяти метров.

Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 квадратного километра, устанавливается в размере пятидесяти метров. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока.

Ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет тридцать метров для обратного или нулевого уклона, сорок метров для уклона до трех градусов и пятьдесят метров для уклона три и более градуса.

Для расположенных в границах болот, проточных и сточных озер и соответствующих водотоков ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в размере пятидесяти метров.

Ширина прибрежной защитной полосы реки, озера, водохранилища, имеющих особо ценное рыбохозяйственное значение (места нереста, нагула, зимовки рыб и других водных биологических ресурсов), устанавливается в размере двухсот метров независимо от уклона прилегающих земель.

На территориях населенных пунктов при наличии централизованных ливневых систем водоотведения и набережных границы прибрежных защитных полос совпадают с парапетами набережных. Ширина водоохранной зоны на таких

территориях устанавливается от парапета набережной. При отсутствии набережной ширина водоохранной зоны, прибрежной защитной полосы измеряется от местоположения береговой линии (границы водного объекта).

Запретные и ограничительные мероприятия, предотвращающие отрицательное воздействие на состояние водных биоресурсов при осуществлении промышленного и любительского рыболовства, достигаются соблюдением Правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, которые регламентируют перечень применяемых орудий лова, запретные районы, сроки (периоды) лова, минимальные размеры добываемых водных биоресурсов и другие ограничения.

Места нерестилищ указаны в Перечне нерестовых участков Ярославской области, согласно Приложению № 6 действующей редакции Правил рыболовства Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза России от 18.11.2014 г. № 453 (в редакции от 06.11.2018 г. № 511 с изменениями на 25.07.2019 г.).

Меры по сохранению водных биологических ресурсов предусмотрены Водным кодексом Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (редакция от 13.07.2015 г.), ФЗ № 166 «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», Правилами рыболовства Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, утвержденными приказом Минсельхоза России от 18.11.2014 г. № 453 (в редакции приказа Минсельхоза России от 06.11.2018 г. № 511 с изменениями на 25.07.2019 г.), Постановлением Правительства РФ от 29.04.2013 г. № 380 «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания».

Согласно ч. 15 ст. 65 Водного Кодекса РФ, в границах водоохранных зон запрещаются:

- использование сточных вод в целях регулирования плодородия почв;
- размещение кладбищ, скотомогильников, объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ, пунктов захоронения радиоактивных отходов;
- осуществление авиационных мер по борьбе с вредными организмами;

- движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие;

- строительство и реконструкция автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов (за исключением случаев, если автозаправочные станции, склады горюче-смазочных материалов размещены на территории портов, инфраструктуры внутренних водных путей, в том числе баз (сооружений) для стоянки маломерных судов, объектов органов федеральной службы безопасности), станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта транспортных средств, осуществление мойки транспортных средств;

- размещение специализированных хранилищ пестицидов и агрохимикатов, применение пестицидов и агрохимикатов;

- сброс сточных, в том числе дренажных вод;

- разведка и добыча общераспространенных полезных ископаемых (за исключением случаев, если разведка и добыча общераспространенных полезных ископаемых осуществляется пользователем недр, осуществляющими разведку и добычу иных видов полезных ископаемых, в границах предоставленных им в соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах горных отводов и (или) геологических отводов на основании утвержденного технического проекта в соответствии со статьей 19.1 Закона Российской Федерации от 21 февраля 1992 года № 2395-1 «О недрах»).

В границах прибрежных защитных полос наряду с установленными частью 15 статьи 65 Водного Кодекса Российской Федерации ограничениями, запрещаются:

- распашка земель;

- размещение отвалов размываемых грунтов;

- выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.

В границах водоохранных зон допускаются проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод в

соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды.

В качестве мероприятий по недопущению загрязнения, засорения, заиления и истощения вод, действующих для рыболовных участков, прибрежная часть которых попадает в границы прибрежных защитных полос (ПЗП) и водоохраных зон (ВОЗ) водных объектов предлагается:

Оснащение хозяйственных и иных объектов инфраструктуры рыболовных участков централизованными системами водоотведения (канализации) и централизованными ливневыми системами водоотведения; сооружениями и системами для отведения (сброса) сточных вод в централизованные системы водоотведения (в том числе дождевых, талых, инфильтрационных, поливочных и дренажных вод), если они предназначены для приема таких вод; локальными очистными сооружениями для очистки сточных вод (в том числе дождевых, талых, инфильтрационных, поливочных и дренажных вод), обеспечивающими их очистку исходя из нормативов, установленных в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и Водного Кодекса РФ;

Оснащение территорий, прилегающих к рыболовным участкам, находящимся в пределах водоохраных зон и прибрежных защитных полос, сооружениями для сбора отходов производства и потребления, а также сооружениями и системами для отведения (сброса) сточных вод (в том числе дождевых, талых, инфильтрационных, поливочных и дренажных вод) в приемники, изготовленные из водонепроницаемых материалов;

Оснащение территорий, находящихся в пределах водоохраных зон и прибрежных защитных полос сооружениями, обеспечивающими защиту водных объектов и прилегающих к ним территорий от разливов нефти и нефтепродуктов и иного негативного воздействия на окружающую среду.

К дополнительным видам воздействия относится загрязнение водных объектов и воздушной среды Ярославской области при ведении промышленного и любительского рыболовства. При этом основным источником загрязнения являются загрязняющие вещества и нефтепродукты, которые могут поступать в водные объекты и воздушную среду с моторных лодок и катеров. Соблюдение

действующих нормативов по загрязнению окружающей среды всеми пользователями водных биоресурсов при эксплуатации маломерных судов будет выполняться при условии соблюдения Правил пользования маломерными судами на водных объектах Российской Федерации (утверждены Приказом МЧС РФ от 29 июня 2005 г. № 502). Кроме этого, в соответствии с Правилами рыболовства юридические лица, индивидуальные предприниматели и граждане обязаны осуществлять добычу (вылов) водных биоресурсов с судов и плавучих средств, зарегистрированных в установленном порядке (за исключением судов и плавучих средств, не подлежащих государственной регистрации). Как следствие такие суда должны проходить освидетельствование технического состояния, в ходе которого проверяется их соответствие условиям нормальной эксплуатации, позволяющей соблюдать действующие нормативы по загрязнению окружающей среды.

Дополнительным фактором негативного влияния на водные биоресурсы и среду их обитания является также потеря орудий добычи (вылова), в основном, браконьерских ставных сетей. Оставленные на лове (брошенные) сетные орудия лова частично сохраняют способность к изъятию водных биоресурсов, которые из сетей не извлекаются и со временем разлагаются. Это создает угрозу жизни гидробионтов и птиц, оказывает негативное влияние на экосистему водоемов. Организацией мероприятий по очистке водных объектов от брошенных орудий лова в настоящее время занимается Московско-Окское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству, в штате которого работают инспекторы рыбоохраны. Исполнители этих мероприятий в соответствии с действующим законодательством должны утилизировать изъятые из водных объектов орудия лова.

Воздействие на редкие и охраняемые виды флоры и фауны оказано не будет. В соответствии с пунктом 7 Правил рыболовства Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза России от 18.11.2014 г. № 453 (в редакции приказа Минсельхоза России от 06.11.2018 г. № 511 с изменениями на 25.07.2019 г.), в целях сохранения занесенных в Красную книгу Российской Федерации и/или Красную книгу субъекта Российской Федерации добыча (вылов) редких и находящихся под угрозой исчезновения видов водных биоресурсов запрещена. Вылов водных биоресурсов в прогнозируемых объемах



(рекомендованные величины общих допустимых уловов на 2023 г.) не нанесет ущерба запасам рыб, включая редкие и охраняемые виды, и их воспроизводительной способности, а также сложившимся биоценозам водных объектов.

На особо охраняемые природные территории и экологически чувствительные районы воздействие оказано не будет, так как в границах особо охраняемых природных территорий и их водоохранных зон промысел не осуществляется и рыболовные участки не находятся. Основные объекты охраны – ландшафты, наземные позвоночные, птицы, животные, не отнесенные к объектам охоты и рыболовства, сообщества редких видов растений. Осуществляется только рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях с соблюдением действующего законодательства, что не противоречит режиму хозяйственного использования и зонирования территории. При осуществлении рыболовства на водных объектах необходим контроль объемов прилова видов, занесенных в Красные книги Российской Федерации и Ярославской области.

#### **Краткое содержание программ мониторинга водных биоресурсов**

Сбор материалов, необходимых для определения объемов ОДУ, проводится в рамках осуществления государственного мониторинга водных биологических ресурсов и среды их обитания. Мониторинг включает анализ качественного состава и объемов вылавливаемой рыбы, выполнения квот нарастающим итогом по видам, возрастным и размерным группам в течение промыслового сезона; контроль над состоянием нерестового стада в нерестовый период, условиями и эффективностью нереста промысловых рыб, оценкой урожайности молоди. Мониторинг состояния водных биологических ресурсов на Угличском водохранилище в границах Ярославской области по комплексу параметров осуществлялся Верхне-Волжским отделением ФГБНУ «ГосНИОРХ» (в настоящее время – отделом «Верхне-Волжский» Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)) фактически с 70-х годов прошлого столетия. Эти параметры включают оценку среды обитания и антропогенного воздействия, изменения состояния зоопланктонных, бентосных сообществ и популяций рыб. Направления мониторинга охватывают также изучение процессов эвтрофирования и изменения биоразнообразия. В процессе мониторинга дается оценка состояния экосистем на

уровне организмов, популяций и сообществ, с применением структурных и функциональных показателей.

## Литература

1. Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. – М.: Изд-во ВНИРО, 2000. – 192 с.
2. 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.: Изд-во ВНИРО. 2018. 312 с.
3. Барсуков В.В. Возрастной состав стада и темп роста судака Рыбинского водохранилища // Тр. ИБВ АН СССР. 1959. Вып. 1 (4). С. 188–210.
4. Герасимов Ю.В., Бражник С.Ю., Стрельников А.С. Динамика структурных показателей популяции леща *Abramis brama* (Cyprinidae) Рыбинского водохранилища за период 1954–2007 гг. Вопросы ихтиологии., 2010, том 50, № 4, с. 515–525.
5. Герасимов Ю.В., Стрельников А.С. Бражник С.Ю. Динамика и состояние запасов рыб Рыбинского водохранилища в период 1950–2010 гг. Вопросы ихтиологии., 2013, том 53, № 4, с. 465–478.
6. Гомельский Б.И., Фетисов А.Н. Соотношение по лов на разных стадиях онтогенеза меченосца *Xiphophorus helleri* (Heckel) (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) в связи с передифференцировкой пола // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 17. Вып. 4(105). С. 639–647.
7. Денисов Л.И. Необходимость учета половой дифференциации при организации рационального использования рыбного стада // Рыб. хоз во. 1970. № 10. С. 77–80.
8. Захарова Л.К. Материалы по биологии размножения рыб Рыбинского водохранилища // Тр. биол. ст. Борок. 1955. Вып. 2. С. 200–265.
9. Иванова М.Н., Свирская А.Н. Рост мелких и крупных сеголеток щуки *Esox lucius* в последующие годы жизни в мелководных прудах // Вопр. ихтиологии. 2005. Т. 45, № 3. С. 380–388.
10. Константинов К.Г., Невинский М.М. Соотношение полов у атлантической трески // Вопр. ихтиологии. 1969. Т. 9. Вып. 4(57). С. 758–759.
11. Литвинов А.С., Рощупко В.Ф. Многолетние изменения гидрометеорологического режима Рыбинского водохранилища // Метеорология и гидрология. 2010. № 7. С. 65–75.
12. Монастырский Г.Н. Динамика численности промысловых рыб // Тр. ВНИРО. 1952. Т. 21. С. 3–162.
13. Никольский Г.В. О некоторых закономерностях воздействия рыболовства на структуру популяции и свойства особей облавливаемого стада промысловой рыбы // Тр. совещ. Ихтиол. комис. АН СССР по динамике численности рыб. 1961. Вып. 13. С. 21–33.
14. Остроумов А.А. Характеристика поколений леща и судака Рыбинского водохранилища // Тр. ИБВ АН СССР. 1959. Вып. 1 (4). С. 211–234.

15. Поддубный А.Г. Экологическая топография популяции рыб в водохранилищах. Л.: Наука, 1971. 312 с.
16. Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология / Ред. Ю.В. Герасимов. ИБВВ РАН. Ярославль: Филигрань, 2015. 418 с.
17. Свирская А.Н., Иванова М.Н. Использование особенностей структуры осевого скелета щуки *Esox lucius* при изучении ее распределения в Рыбинском водохранилище // Поведение рыб. Материалы докладов IV Всероссийской конференции с международным участием. 19–21 октября 2010 г. Борок, Россия. М: АКВАРОС, 2010. С. 366–370.
18. Степанов М.В., Кияшко В.И. Роль тюльки (*Clupeonella cultriventris* (Nordman)) в питании хищных рыб Рыбинского водохранилища // Биология внутр. вод. 2008. № 4. С. 86–89.
19. Fox W.W. An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations // Trans. Am. Fish. Soc. 1970. 99:80–88.
20. Pella J.J., Tomlinson P.K. A generalized stock production model // Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull. 1969. 13:419-496.
21. Schaefer M.B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries // Bull. Inter-Amer. Trop. Tunna Comm. 1954. 1:27–56.