



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(Бакалаврская работа)

На тему «На тему «Повышение эффективности биотехники  
воспроизводства сиговых рыб в Ладожском озере»»

Направление подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и

аквакультура,

профиль «Управление водными биоресурсами и аквакультура»

Исполнитель \_\_\_\_\_ Курчавая Валерия Валерьевна  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель \_\_\_\_\_ Эстрин Эрнест Романович  
к.пед.н.

(подпись) (фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»**

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Королькова С.В., к.т.н.  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Санкт-Петербург

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ .....	6
1.1. Описание и систематика .....	6
1.2. Жизненный цикл и размножение .....	10
Жизненный цикл жилых форм сига значительно отличается от жизненного цикла проходных. ....	10
1.3. Эмбриональный и постэмбриональный периоды развития .....	11
2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА .....	15
2.1. Особенности Ладожского озера и его режим .....	15
2.2. Рельеф местности .....	16
2.3. Прибрежные и водные растения .....	17
2.4. Фитопланктон, зоопланктон, бентос .....	18
2.5. Ихтиофауна .....	19
2.6. Эпизоотическая ситуация .....	20
2.7. Хозяйственное освоение акватории водного объекта и прибрежных территорий .....	20
3. СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ СИГОВЫХ РЫБ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ ...	23
4. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛХОВСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА .....	29
5. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРИМЕНЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	33
5.1. Отбор и выдерживание производителей .....	33
5.2. Сбор созревших половых продуктов у производителей .....	34
5.3. Осеменение икры и подготовка ее к инкубации .....	36
5.4. Инкубация икры .....	37
5.5. Выдерживание предличинок .....	39
5.6. Подращивание личинок и молоди .....	42
5.7. Выпуск личинок в естественные водоемы .....	49
6. ИННОВАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА СИГОВЫХ РЫБ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ НА ПРИМЕРЕ ВОЛХОВСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА .....	51
6.1. Модернизация Биотехники воспроизводства молоди волховского сига ...	51

6.2 Подращивание молоди в садках .....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	57
Список литературы .....	59

## ВВЕДЕНИЕ

Ладожское озеро, входящее в состав Западного рыбохозяйственного бассейна, имеет важное рыбохозяйственное значение. На данном водном объекте ведется промысел ценных видов сиговых рыб, таких как обыкновенный сиг (*Coregonus lavaretus*) и европейская ряпушка (*Coregonus albula*).

В последние десятилетия отмечается существенное сокращение популяций сиговых рыб. Факторами, обуславливающими данную тенденцию, являются антропогенное воздействие на окружающую среду и водные объекты, а также несанкционированный промысел производителей в период их нерестовой миграции.

Ввиду уменьшения количества особей в естественных популяциях сиговых рыб, населяющих Ладожское озеро, все более значимой становится задача оптимизации искусственного воспроизводства этих ценных пород и развития сиговодства в целом.

Наиболее целесообразным подходом к решению этой проблемы является внедрение промышленных технологий разведения и содержания, над которыми специалисты ФГБНУ «ГосНИОРХ» ведут работу с 80-х годов XX века.

Цель работы: изучить на примере Волховского рыбного завода искусственное воспроизводство сига обыкновенного *Coregonus lavaretus* в Ладожском озере и рассмотреть возможность повышения эффективности биотехники воспроизводства данного вида.

Задачи:

1. Рассмотреть биологическую характеристику сига обыкновенного *Coregonus lavaretus*.
2. Ознакомиться с основными характеристиками Ладожского озера.
3. Проанализировать состояние популяции сиговых рыб в Ладожском озере.
4. Охарактеризовать Волховский рыбоводный завод.

5. Описать технологический процесс выращивания сига обыкновенного *Coregonus lavaretus*.

6. Рассмотреть возможные инновации для повышения эффективности воспроизводства сиговых рыб в Ладожском озере

# 1. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ

## 1.1. Описание и систематика

Обыкновенный сиг (*Coregonus lavaretus*) - многовидовая рыб. Его тело отличается умеренной высотой, которая варьируется в пределах 17–20% от общей длины. Характерной особенностью является почти вертикальный срез рыла. Верхняя челюсть слегка выдается вперед относительно нижней.

Окраска тела преимущественно серебристая, с более темной спиной. На боках и щеках, присутствуют темные пятна. Взрослые особи достигают длины до 35 сантиметров, а их вес доходит до 500 граммов (рис.1).

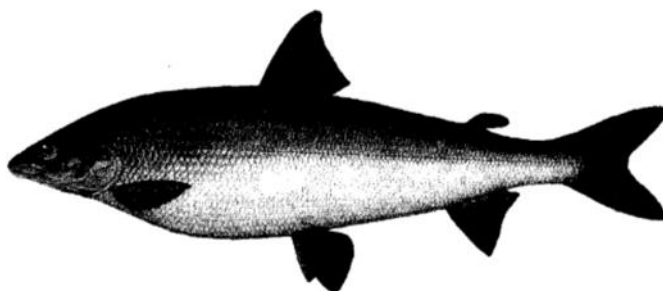


Рис.1. Сиг обыкновенный - *Coregonus lavaretus* [21].

Представлен множеством экологических форм, отличающихся рядом морфологических признаков, местами и сроками нереста. Многие внутривидовые формы обыкновенного сига обладают уникальным темпом роста, высокими приростами биомассы и служат ценными объектами аквакультуры [19].

Внутривидовая дифференциация сиговых рыб основывается главным образом на различиях по числу жаберных тычинок. Признак считается генетически детерминированным и устойчивым во времени [20].

В Ладожском озере обитают семь форм обыкновенного сига: сиг вуоксинский многотычинковый, сиг черный, сиг валаамский, сиг лудога, сиг волховский, сиг свирский, сиг ладожский озерный. Однако концепция высокого морфологического полиморфизма обыкновенного сига принимается не всеми авторами.

Воспроизводились на заводах два подвида: сиг-лудога *Coregonus lavaretus ludoga*, сига́лов или волховский сиг *Coregonus lavaretus baeri* [1].

Царство: *Animalia* (Животные) Linnaeus, 1758

Тип/Отдел: *Chordata* (Хордовые) Bateson, 1885

Подтип/Подотдел: *Vertebrata* (Позвоночные) S.F.Gray, 1821

Класс: *Actinopterygii* (Лучеперые рыбы) Klein, 1885

Подкласс: *Neopterygii* (Новоперые рыбы) Regan, 1923

Инфракласс: *Teleostei* (Костистые рыбы) J. P. Müller, 1845

Отряд/Порядок: *Salmoniformes* (Лососеобразные)

Семейство: *Salmonidae* (Лососевые рыбы) Regan, 1914

Подсемейство: *Coregoninae* (Сиговые)

Род: *Coregonus* (Сиги)

Вид: *Coregonus lavaretus* (Сиг обыкновенный) Linnaeus, 1758

Подвид: *Coregonus lavaretus ludoga* (Лудога) Poljakow, 1874

Подвид: *Coregonus lavaretus baeri* (Сига́лов, волховский сиг) Kessler,

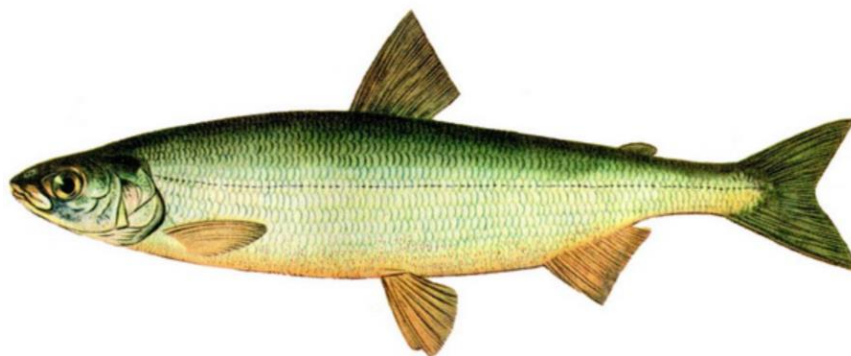


Рис.2. Сиг волховский, или сига́лов— *Coregonus baeri*

Сиг волховский, также употребляется название сига́лов *Coregonus baeri*. Распространен преимущественно в южной части Ладожского озера. Сига́лов - это проходной тип сига, большую часть жизни проводит в озере близ рек Волхов, Сясь и Свирь. Через которые волховский сиг мигрировал на нерест по Волхову, через озеро Ильмень в реки Мста, Ловать, Пола, но главная

нерестовая река для нереста Мста, по которой рыба доходила до озера Мстино (рис.3).



Рис. 3. Распространение Волховского сига [22].

Волховский сиг является одним из наиболее крупных представителей сиговых. Взрослые особи достигают 64 см в длину и весят до 5 кг, средние размеры составляют 55 см, масса 1,5 кг.

Тело округлое, низкое и толстое.(рис.2). Различают две формы: типичный волховский сиг – тупорылый, с коротким и широким рылом, со слабо скошенной назад вершинной площадкой, встречающийся преимущественно в Волхове; и острорылый – с длинным и более узким рылом, с сильно скошенной вершинной площадкой, обитающий в Свири.



Рис.4. Сиг лудога- *Coregonus lavaretus ludoga*

Сиг лудога *Coregonus lavaretus ludoga* – озерно-речная форма, обитающая преимущественно в южной половине Ладоги. Голова толстая, не клиновидная. Верхний профиль головы выпуклый, тело вальковатое (рис. 4).



Лудога относится к крупным, крупнотелым сига́м, отличается небольшой головой, с заострением ко рту, с массивной верхней челюстью. Глаза небольшие – около 3 мм. Тело сильно сжато с боков, спина плоская, ровная. Цвет спины, в основном, буровато-зеленый; бока серебристые, иногда с голубым отливом, брюхо белое, плавники серые, нижние при основании белесоватые, глаза серебристые [21].

#### Ряпушка европейская — *Coregonus albula*

Европейская ряпушка обитает в озерах, имеются и типичные озерно – речные формы. Ведет пелагический образ жизни и питается зоопланктоном. Половой зрелости достигает к году. Нерест происходит в осенне-зимние месяцы. Нерестилища расположены на песчаных, песчано-галечных и каменистых участках на глубине 3-20м.

Обладает серебристо-белой окраской. На туловище присутствует жировой плавник, а также по одному спинному и анальному плавнику. Все плавники лишены колючих лучей. Тело покрыто крупной чешуей циклоидного типа. Три последних позвонка хвостового отдела изогнуты вверх, а переуральный и уральный позвонки сохраняют раздельное состояние. Рот расположен в верхней части головы и не имеет зубов на челюстях. Глаза крупные (рис. 5).

Небольшие разновидности ряпушки характеризуются размерами от 10 до 12 см и весом в пределах 50-70 граммов. Более крупный подви́д, ладожский рипус, населяющий Ладожское озеро, может достигать длины 26-46 см и массы до 1 килограмма.



## 1.2. Жизненный цикл и размножение

Жизненный цикл жилых форм сигов существенно отличается от жизненного цикла проходных.

Волховский сиг — озерно-речная рыба, подавляющее большинство промежутка жизни находится в озере, но на нерест уходит в реки. Половая зрелость наступает в возрасте 4–6 лет. Плодовитость самок — 29–39 тысяч икринок. Вышедшая из икры молодь скатывается в озеро, где и нагуливается, в августе её длина около 10 см и масса 5–18 г.

Лудога — озерный сиг предпочитает каменистые места. В летнее время лудога образует отдельные от других сигов стада. Нерестится лудога в конце октября — первой декаде ноября, предпочитает каменистые участки, которые расположены вдоль южного побережья и в западной части Волховской губы. Плодовитость самок — 5–13 тысяч икринок. Молодь появляется весной и распространяется по озеру, не образуя сплочённых стай.

Отличия волховский сиг большую часть жизни проводит в озере, но для нереста отправляется в реки, в то время как лудога всю жизнь обитает в озере и икру мечет на лудах и каменистых отмелях.

Большинство представителей семейства сиговые нерестится в осенне-зимний период, некоторым видам свойственен весенний нерест. Не осуществляют охрану икры, а повышенная гибель компенсируется высокой плодовитостью. Наступление половой зрелости у рыб обусловлено достижением ими конкретной величины.

В связи с тем, что особи сиговых рыб разных размеров и возрастов созревают не одновременно, период их размножения растянут во времени. Это типично для видов, нерестящихся в осенне-зимний период. Тем не менее, основная фаза нереста сигов в реках обычно занимает 2–4 дня. Участие самцов

в продолжительном нересте обеспечивается порционным расходом зрелых половых продуктов.

Признаком готовности самок к нересту служит достижение водой температуры в 5°C. Одновременное созревание икры у большого количества самок наблюдается, когда температура воды опускается до 2°C.

Брачный наряд выраженный в виде эпителиальных бугорков ярче проявляется у самцов, у самок чаще не выражен или выражен слабее и эпителиальные бугорки имеются только на задней части туловища и на хвостовом стебле.

Самка, готовая отложить икру, слегка приподнимает жаберные крышки и грудные плавники, совершая рывок против течения, направленный вперёд и вверх. В этот момент два самца плотно прижимаются к ней с обеих сторон, как бы поддерживая её. Тела самцов изгибаются таким образом, что их хвостовые и анальные плавники соприкасаются под брюшком и хвостом самки. В результате сокращения мышц тела самки и отчасти под давлением самцов находящаяся в полости тела самки овулировавшая икра свободно вытекает наружу. В этот момент половые отверстия самки и самцов находятся максимально близко друг к другу, а анальные плавники самцов создают небольшую турбулентность, в которую выбрасываются икра и молоки, обеспечивая их быстрое смешивание.

После вымета одной порции икры рыбы, отделившись друг от друга, пассивно сносятся течением на 5–7 м вниз и, снова объединившись, приступают к следующему икрометанию. Самка может выметывать икру и при наличии только одного самца [21].

### 1.3. Эмбриональный и постэмбриональный периоды развития

Эмбриональный период развития сиговых рыб начинается с момента оплодотворения яйцеклетки и продолжается до перехода молоди на питание внешней пищей. В этот период зародыш питается за счёт желточного мешка.

На темп и продолжительность эмбриогенеза сиговых рыб влияют различные экологические факторы.

Эмбриональный период - сиговых длится около 220 суток.

В эмбриогенезе сиговых выделяют 7 этапов.

1. Обводнение икринок, образование бластодиска (возраст этапа 4 часа).
2. Дробление бластодиска от 2 бластомеров до бластулы (возраст этапа 24 часа)
3. Бластула. В области скопления мелких бластомеров образуется полость бластоцеля (возраст 8 суток).
4. Гастрюляция. Бластодерма перемещается от поверхности желточного мешка в сторону вегетативного полюса. Нарастающая краевая часть бластодиска окружена пояском краевой мезодермы, которая темноватой полоской охватывает прозрачную сферу желточного мешка (возраст 11 суток).
5. Органогенез. Обрастание желтка бластодермой. Нарастающая бластодерма постепенно покрывает весь желток, включая желточную пробку и бластопор. Головной отдел эмбриона расширен, видна нервная бороздка, по бокам головы появляются глазные пузыри. В теле эмбриона 16 миотомов. (возраст 35 суток).
6. Обособление хвостового отдела от желточного мешка. Образование хрусталика в глазах эмбриона. В головном отделе обособились передний, средний и продолговатый отделы мозга. Задняя часть хвоста начинает обособляться от желточного мешка (возраст 40 суток).
7. Появление системы кровообращения. Начало пульсации сердечной трубки, образование форменных элементов крови и кровообращения. Голова и хвост значительно обособились от желточного мешка. Появились зачатки жаберных крышек, которые покрывают 2-е жаберные дуги. Меланофоры расположены по всей поверхности желточного мешка и покрывают туловищный и хвостовой отделы эмбриона. В теле эмбриона 60 сегментов. Появились слуховые капсулы. Глаза сильно пигментированы. Формируются

железы вылупления, расположенные скоплениями на верхней и нижней челюстях, зачатки жаберной крышки между глазами и слуховыми капсулами на нижней стороне головы. Грудные плавники увеличились, печень полностью обособилась (возраст 110 суток).

8. Подвижное состояние челюстей. Начало движения челюсти эмбриона. Активные движения грудными плавниками. На жаберных дужках появились зачатки жаберных лепестков. Начинается вылупление и скат свободных эмбрионов с нерестилищ. В искусственных условиях в это время вылупляются только нормально развитые зародыши (возраст 180 суток).

9 Вылупление. Запасы желтка сильно сокращены. Печень позади желточного мешка. Грудные плавники сильно увеличены (возраст 220 суток).

Предличиночный период – начинается с момента выклеывания и до полной резорбции желточного мешка. Характеризуется наличием пассивного питания.

В эмбриональном развитии сиговых рыб выделяют нечувствительные стадии, когда икринки можно перевозить, перебирать и исследовать без опасения массовой гибели икры: после оплодотворения и до стадии мелкоклеточной морулы; от стадии пигментации глаз и до появления и образования жаберных лепестков.

Постэмбриональный период жизни сиговых рыб включает несколько стадий развития и возрастных групп:

Личиночный период начинается с момента рассасывания желтка и перехода на питание внешней пищей. Личинки отличаются от взрослых рыб внешним и внутренним строением: у них недоразвиты жабры, нет чешуи, не дифференцированы плавники и другие органы. Личинка ведёт подвижный образ жизни до формирования чешуйчатого покрова.

Мальковый период наступает, когда организм приобретает сходство с взрослой рыбой. Исчезают личиночные органы, появляются плавники, закладывается чешуя, полностью дифференцируются внутренние органы. По внешнему виду малёк становится похожим на взрослых рыб, питается

бентосными организмами и планктоном. Мальковый этап начинается при длине 30-35 мм в возрасте 1-2 месяца и длится до года, появляются все внешние признаки взрослой особи. К концу малькового периода организм достигает состояния сеголетка.

Сеголеток - рыба первого лета жизни, (сегодняшнего лета, название применяется со второй половины первого лета ее жизни и осенью). Возраст 0,5 года.

Годовик – перезимовавший сеголеток, рыба, прожившая 1 год с момента рождения.

Двухлеток - рыба, прожившая два лета (один полный год и ещё одно лето). Название используется для обозначения рыб со второй половины второго лета их жизни и осени. Возраст 1, 5 года.

Двугодовик - перезимовавший двухлеток, рыба, прожившая с (момента рождения два года и т.д.)

Период взрослого (половозрелого) организма начинается с момента наступления половой зрелости, когда полностью сформированы половые органы, выражены вторичные половые признаки, характерные для данного вида, организм способен размножаться [9].

## 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

### 2.1. Особенности Ладожского озера и его режим

Ладожское озеро – крупнейшее озеро, расположено между  $59^{\circ}54$  и  $61^{\circ}47$  северной широты,  $29^{\circ}47$  и  $32^{\circ}58$  восточной долготы. Имеет форму несколько расширяющегося к югу четырехугольника, длинная ось которого направлена с севера (северо-запада) на юг (юго-восток). Пространство Ладожского озера –  $17872 \text{ км}^2$ , длина с юга на север 219 км, наибольшая ширина 138 км [24].



Рис.6. Ладожское озеро [15]

Водосборный бассейн Ладожского озера находится в умеренном поясе северного полушария в зоне тайги. Он расположен на территории трех государств, которые в процентном соотношении составляют – России (80%), Финляндии (19,9%) и Белоруссии (0,1%). В пределах России он размещен в семи субъектах Федерации: Ленинградская область – 39%, Карелия – 29%, Новгородская область – 17%, Псковская область – 6%, Тверская область – 4%, Вологодская область – 3%, Архангельская область – 2%. Ладожское озеро принимает водосборного бассейна площадью 258 тыс.  $\text{км}^2$ , включающего

четыре вторичных бассейна: частный бассейн Ладожского озера (28,4 тыс. км<sup>2</sup>), Онежско-Свирский (83,2 тыс. км<sup>2</sup>), Ильмень-Волховский (80,2 тыс. км<sup>2</sup>) и Сайма-Вуокский (66,7 тыс. км<sup>2</sup>). В Ладожское озеро впадают 35 рек. Крупнейшей рекой, которая впадает в него, является река Свирь, которая выносит в него воды из Онежского озера. Также в озеро поступает вода через реку Вуокса от озера Сайма, а через реку Волхов — от озера Ильмень. Нева — единственная река, вытекающая из Ладожского озера [15]. (рис. 6)

Климат над Ладожским озером умеренный, переходный от умеренно-континентального к умеренно-морскому. Такой тип климата объясняется географическим положением и атмосферной циркуляцией, характерной для Ленинградской области. Это обуславливается сравнительно небольшим количеством поступающего на земную поверхность и в атмосферу солнечного тепла.

Ладожское озеро относится холодноводным водоемам, даже в летние месяцы вода в озере не прогревается достаточно, что связано с большими глубинами водоема. В середине мая температура поверхностного слоя воды на юге Ладоги равняется около +6 °С, а на севере менее +2 °С. В середине июля — начале августа, в период максимального прогрева температура поверхностного слоя достигает на юге +19 °С, в шхерном районе до +16 °С, над северной котловиной от +12 °С до 14 °С.

В середине ноября можно наблюдать ледовый покров. Ледостав приходится на середину мая, а очищение ото льда происходит во второй половине мая. Полное замерзание озера происходит не каждый год, что связано с большими ресурсами тепла, которые накапливаются огромной водной массой водоема в летний период [4].

## 2.2 Рельеф местности

Для рельефа дна Ладожского озера характерно увеличение глубины с юга на север. Глубина изменяется неравномерно: в северной части она колеблется



от 70 до 230 м, в южной — от 20 до 70 м. Средняя глубина озера — 50 м, наибольшая — 233 м. Дно северной части неровное, избороздѐнное впадинами, а южной части более спокойное и отличается большей сглаженностью. Ладожское озеро занимает десятое место среди.

Северная часть водосбора озера расположена в пределах Балтийского кристаллического щита. Рельеф здесь характерен чередованием скалистых сельговых гряд и межсельговых понижений, вытянутых с северо-запада на юго-восток. Значительную территорию северной части занимает Западно-Карельская возвышенность, её высотные отметки колеблются от 200 до 400 м. От Западно-Карельской возвышенности к Онежскому и Ладожскому озерам поверхность снижается до 90–100 м и начинает преобладать холмисто-равнинный рельеф с высотами 30–70 м.

Южная часть территории бассейна Ладожского озера представлена в основном равнинным рельефом с палеозойскими отложениями. Наибольшую площадь здесь занимает Ловать-Ильмень-Волховская низина, приуроченная к понижению в рельефе коренных девонских пород.

На юго-востоке бассейна расположена Валдайская возвышенность с высотами от 150 до 300 м. На юго-западе в рельефе хорошо выделяется уступ высотой 20–40 м.

Прибрежная зона характеризуется значительным колебанием высот. В некоторых местах берег крутой, скалистый, местами образуются высокие обрывы. В других районах берег пологий, низменный, с обширными заболоченными участками и песчаными пляжами. Обладает изрезанной береговой линией [15].

### 2.3. Прибрежные и водные растения

Прибрежная и водная растительность Ладожского озера очень разнообразна и зависит от ряда факторов, таких как глубина, тип грунта, уровня минерализации воды. Можно выделить несколько основных групп растений:

1. Видовое разнообразие высших водных и прибрежно-водных растений в литоральной зоне Ладожского озера характеризуется колебанием уровня воды, поэтому растения в этой зоне приспособились выдерживать периодическое затопление и осушение. В литоральной зоне преобладают: Тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), рогоз узколистый (*Typha angustifolia*), камыш озёрный (*Schoenoplectus lacustris*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), осока вздутая (*Carex physodes*), осока острая (*Carex acuta*), осока волоситоплодная (*Carex lasiocarpa*) [18].

2. Видовое разнообразие высших водных и прибрежно-водных растений в сублиторальной зоне Ладожского озера. В сублиторальной зоне произрастают: рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*), рдест разнолистный (*Potamogeton heterophyllus*), уруть колосовая (*Myriophyllum spicatum*), элодеи канадской (*Elodea canadensis*).

3. Плавающие растения: ряски малой (*Lemna minor*), кувшинки белой (*Nymphaea alba*), кубышки жёлтой (*Nuphar lutea*) [26].

#### 2.4. Фитопланктон, зоопланктон, бентос

Ладожское озеро, как крупный пресноводный водоем, характеризуется богатым и разнообразным сообществом планктонных и бентосных организмов.

В озере распространены 154 вида диатомовых, 126 видов зелёных и 76 видов сине-зелёных водорослей. В глубинных ладожских водах содержится лишь 60—70 тысяч микроорганизмов в см<sup>3</sup>, а в поверхностном слое — от 180 до 300 тысяч, что говорит о слабой способности озера к самоочищению.

В Ладожском озере было выявлено 378 видов и разновидностей планктонных животных. Больше половины видов приходится на долю коловраток. Четвёртую часть общего количества видов составляют простейшие, а 23 процента падает совместно на ветвистоусых и веслоногих рачков. Наиболее распространёнными в озере зоопланктонными видами являются

дафнии и циклопы. Большая группа водных беспозвоночных животных обитает на дне озера. В Ладоге их найдено 385 видов (в основном различные рачки). Первое место в составе бентофауны принадлежит личинкам насекомых, на долю которых приходится больше половины всех видов донных животных — 202 вида. Далее идут черви (66 видов), водяные клещи, или гидрокарины, моллюски, ракообразные и другие [13].

## 2.5. Ихтиофауна

Ихтиофауна Ладожского озера достаточно богата и разнообразна. В ней представлены как аборигенные виды, так и инвазионные.

Всего в озере обитает 53 вида из 14 семейств, среди которых: осетровые, вьюновые, сомовые, щуковые, лососевые, колюшковые, миноговые, хариусовые, корюшковые, тресковые, подкаменщиковые. Среди видов можно выделить такие наиболее ценные, как озерная форель, озерный лосось, паalia, многие формы сигов, ряпушка и ее крупная форма рипус. Также многочисленны в озере судак, лещ и другие рыбы [12].

На расселение рыб по территории Ладоги влияют экологические различия между различными частями озера (рис.7).

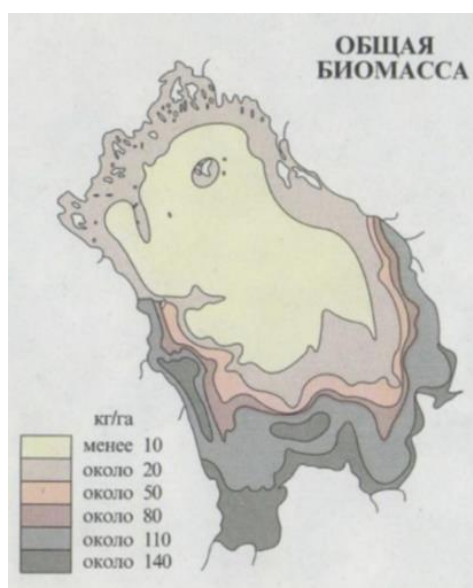


Рис.7. Карта распределения ихтиофауны на Ладожском озере

## 2.6. Эпизоотическая ситуация

В настоящее время из-за снижения численности естественных популяций сиговых и объёмов выращивания товарной рыбы эпизоотическую ситуацию в водоёмах Северо-Запада можно считать относительно благополучной. Массовых заболеваний сиговых за последние годы не наблюдалось [23].

В естественных водоёмах Северо-Запада заслуживает внимания лишь заражение волховского сига в р. Волхов скребнями. Остальные паразиты встречены в количествах, не представляющих эпизоотического значения.

Выявлены признаки хронического токсикоза у сиговых рыб в Ладожском озере, вызванные неудовлетворительным состоянием водной среды, характерным для всего региона, так как загрязняющие вещества стали поступать в водоёмы неконтролируемо и неорганизованно (поверхностный сток и из атмосферы) [1].

Среди простейших наибольшее эпизоотическое значение у сиговых рыб на Северо-Западе сейчас имеют виды *Trichodina nigra*, *Trichodina pediculus*, *Capriniana piscium*, *Apiosoma piscicolum* var. *typica* и *Trichodinella epizoótica*. Паразиты имели эпизоотическое значение, вызывая задержку роста молоди сиговых и их гибель [11].

## 2.7. Хозяйственное освоение акватории водного объекта и прибрежных территорий

Хозяйственное освоение Ладожского озера имеет долгую историю и оказывает значительное влияние на его экосистему.

К наиболее значимым направлением хозяйственной деятельности, затрагивающем Ладожское озеро относится:

1. Судоходство и транспорт:

- **Транспортный узел:** Ладога является важной частью Волго-Балтийского водного пути и Беломорско-Балтийского канала. По озеру осуществляется перевозка грузов и пассажирские перевозки (рис. 8).



Рис. 8. Схема Волго-Балтийского водного пути.

- **Инфраструктура:** Развитие судоходства требует поддержания судоходных каналов, строительства и эксплуатации портов и причалов.

### 2. Рыболовство:

- **Промысловое рыболовство:** Ладожское озеро традиционно является важным источником водных биоресурсов. Основные промысловые виды: сиг, ряпушка, лещ, судак, плотва, окунь. Интенсивное рыболовство, приводит к сокращению численности некоторых видов и изменению структуры рыбного сообщества. В настоящее время промысел регулируется, но браконьерство остается проблемой.

- **Любительское рыболовство:** Популярно среди местных жителей и туристов [12].

### 3. Промышленность:

- **Целлюлозно-бумажная промышленность:** Расположена вблизи озера. Сброс сточных вод, содержащих органические вещества и загрязняющие вещества, оказывает негативное влияние на качество воды и экосистему.

- **Добыча нерудных материалов:** В прибрежной зоне и на дне озера ведется добыча песка, гравия и других нерудных материалов, что приводит к нарушению донных отложений, ухудшению качества воды и уничтожению мест обитания водных организмов [5].

## 5. Туризм и Рекреация:

- Развитие туризма: Ладожское озеро является популярным туристическим направлением. Развитие туризма (строительство турбаз, кемпингов, организация экскурсий, водные виды спорта) приводит к увеличению рекреационной нагрузки на прибрежные территории, загрязнению мусором и сточными водами.
- Рекреационное рыболовство и охота: Популярны среди туристов и местных жителей [24].

## 6. Гидроэнергетика:

- Волховская ГЭС: Расположена на реке Волхов. Регулирование стока реки оказывает влияние на гидрологический режим Ладожского озера [8] (рис. 9).



Рис. 9. Волховская ГЭС

### 3. СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ СИГОВЫХ РЫБ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ

В настоящее время промысловое значение в Ладожском озере имеют только озёрные формы европейского сига. В официальной промысловой статистике эти формы отдельно не фиксируются, квоты вылова определяются для вида в целом. С ресурсных позиций сига рассматриваются как единый промысловый запас, представленный пресноводной жилой формой [22].

Годовые уловы сига в озере по данным промысловой статистики начиная с последнего десятилетия прошлого века снижаются, как в абсолютных, так и в относительных показателях. Так, в 1990 г. вылов составлял 310 т (5,9 % от общего улова), а к 2019 г. он упал до 18 т (0,8%). В новом тысячелетии средняя величина вылова сига составила 139 т при колебаниях от 18 до 229 т.

В 2022 г. в Ладожском озере было добыто 32 т сига (1,2% от общих годовых уловов рыбы), что на треть выше улова 2021 г. (20,1 т), и почти в два раза выше минимального вылова за последнее тридцатилетие (2019 г.) (рис. 10).

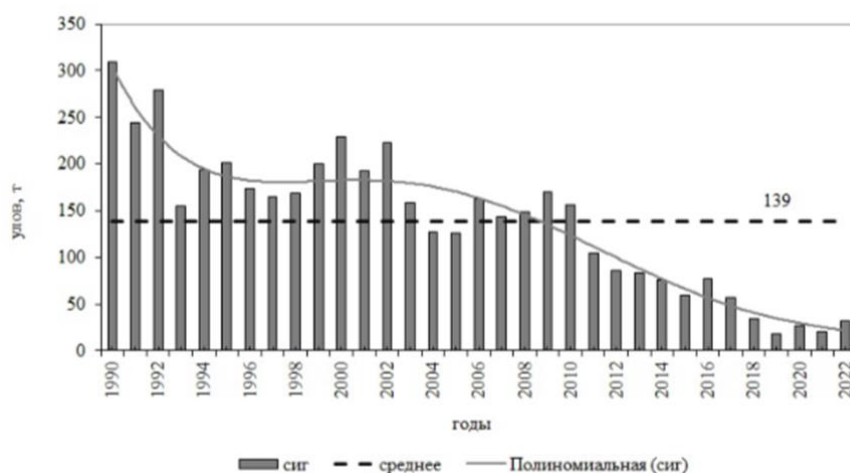


Рис. 10. Динамика уловов сига (т) в Ладожском озере.

Промысловая часть стада сига включает рыб старше четырёх лет, основу составляют возрастные группы 4+–6+. Доля младших возрастов в улове в отдельные годы может достигать 10%. Особи старше восьми лет в уловах

составляют в среднем менее 3%. Оценка зависимости длины тела сига от возраста показала, что скорость роста максимальна у сеголетков сигов, от года до четырёхлетнего возраста, отмечено снижение темпов роста и его стабилизация у пяти – семилетних рыб. Абсолютные приросты массы самые низкие в младших возрастных группах, затем они постепенно растут до максимума у особей старших возрастных групп (Рис. 11).

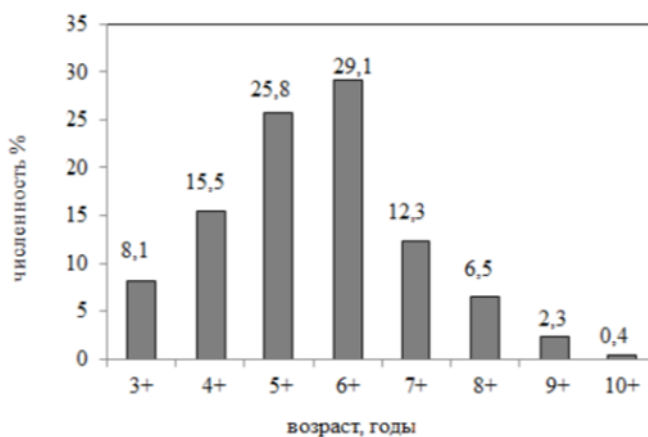


Рис. 11. Размерно-возрастной состав промысловой части стада сига в южной части Ладожского озера (в среднем за последние 5 лет).

По динамике промысловой и нерестовой биомассы сигов с 1990 по 2022 год, можно сделать вывод, что средний промысловый запас сигов в этот период составил 1747 т, самым высоким он был в 2008 г. – 2380 т, самым низким в 1996 г. – 1077 т. Ихтиомасса нерестового запаса за этот период в среднем составляла 1532 т с колебаниями от 930 т до 2115 т. В начале XXI в. средняя биомасса промыслового запаса незначительно возросла и составила 1778 т, варьируя от 1230 т. до 2380 т. Численность промыслового стада изменялась от 2,8 млн экз. (2020 г.) до 4,5 млн экз. (2008 г.) и в среднем составляла 3,8 млн экз. С 2009 г. по 2017 г. Наблюдалась четкая тенденция снижения, как численности, так ихтиомассы запасов сигов. В 2013 г. этот показатель стал ниже среднееголетних значений. В 2022 г. промысловый запас оценён в 3,10 млн экз. (1360 т), нерестовый – 2,62 млн экз. (1250 т). С 2021 г. отмечен медленный рост биомассы промыслового стада сига (Рис. 12). Несмотря на это,



современное состояние запасов озёрных сигов продолжает оставаться неудовлетворительным. На динамику запасов сигов, возможно, оказывает влияние период аномально тёплых зим, когда в водоёме резко сокращается продолжительность периода зимней стагнации, что может приводить к нарушению нормального цикла естественного воспроизводства осенне-нерестующих видов рыб [12].

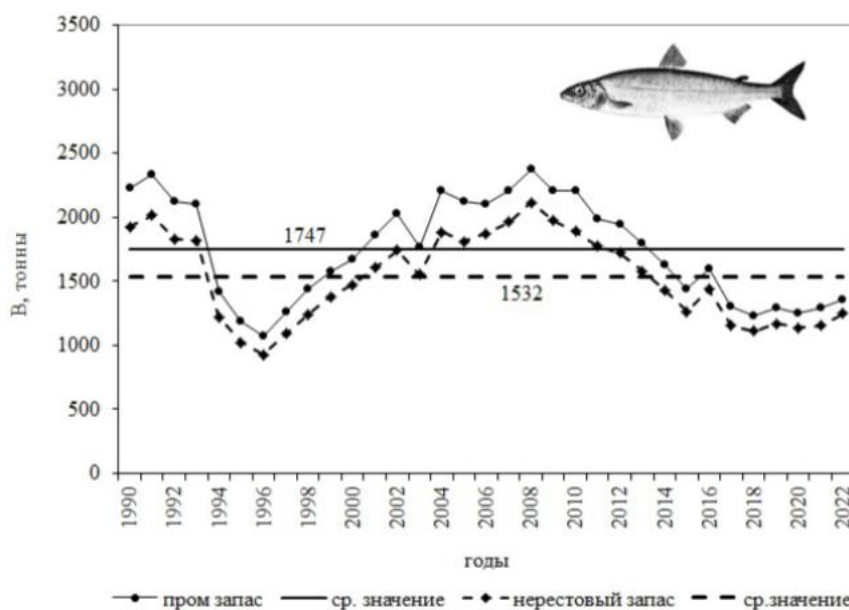


Рис. 12. Динамика промысловой и нерестовой биомассы сига южной части Ладожского озера

#### Ряпушка европейская (*Coregonus albula*)

Ряпушка распространена практически по всей акватории Ладожского озера. В основном распространена в северной части Ладожского озера. В южных районах её скопления наблюдаются в январе - марте в акватории Волховской и Шлиссельбургской губ. Летом в южной части озера появление ряпушки связано с особенностями гидрологического режима, обусловленными влиянием продолжительных северных ветров. Однако более многочисленна она в северной половине Ладожского озера, где расположены её основные места нагула и нереста.

В XX в. по объёмам годовых уловов ряпушка находилась на втором месте (после корюшки), а в отдельные годы (1986–1990 гг.) даже на первом. В новом тысячелетии уловы ряпушки значительно сократились (рис. 13).

Основной промысел ряпушки осуществлял рыбколхоз «Верный путь». Однако с 2006 специализированный лов ряпушки был прекращен, что привело к значительному снижению объёмов добычи.

С 1990 г. уловы ряпушки колебались в значительных пределах. Максимальный вылов отмечен в 1990 г. – 1781 т, минимальный в 2021 г. – 35 т. С 1990 по 2022 гг. средняя многолетняя величина уловов ряпушки составила 469 т, удельный вес – 14,9% от вылова всей рыбы в водоёме. В XXI в. средний улов ряпушки снизился до 320 т. Промысловое стадо ряпушки включает особей до пятилетнего возраста. Основу уловов промышленных предприятий в период с 2017 по 2022 гг. составляют рыбы в возрасте 1+– 2+ (рис. 14). Максимальный прирост длины наблюдается у годовиков, в дальнейшем он снижается и вновь несколько повышается до максимальных величин у рыб в возрасте 4+ (рис. 8).

Колебания ихтиомассы популяции ряпушки за последнее тридцатилетие довольно значительны – от 1860 т (2007 г.) до 4100 т (1990 г.) В XXI в. биомасса промыслового стада в среднем оставалась на уровне 2660 т. Биомасса нерестовой части популяции изменялась от 1420 т (2007 г.) до 2880 т (2000 г.), в среднем составляя 2240 т (рис. 15). Начиная с 2016 г. биомасса промыслового и нерестового запасов стада ладожской ряпушки имеет чёткую тенденцию к снижению.

В 2022 г. в промысловом стаде доминирующими по численности (42% численности стада) были годовики, по биомассе – трёхго-довики (29% биомассы стада). Промысловый запас оценен в 114 млн экз. (2020 т), нерестовый – 94 млн экз. (1830 т). Флуктуации численности ряпушки нельзя объяснить антропогенным влиянием. Промысловая нагрузка на стадо рыб данного вида в новом тысячелетии не превышает 15% от ихтиомассы промыслового запаса. Экологическая обстановка в районе нагула и нереста за последние 20 лет после закрытия Приозёрского ЦБК и военной базы на о. Коневец улучшилась. На состояние запасов этого холоднолюбивого вида, скорее всего, отрицательно влияют климатические изменения [14].

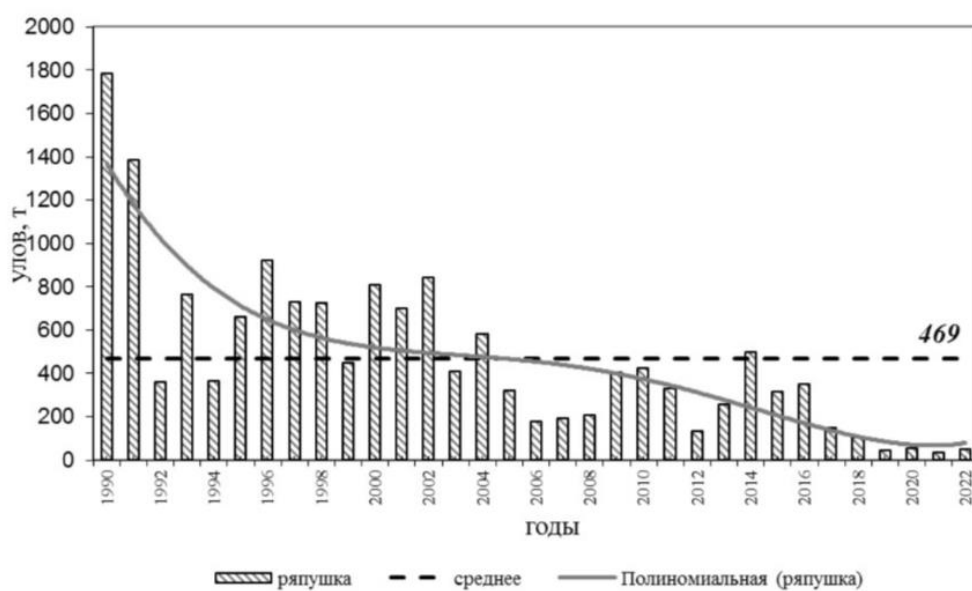


Рис. 13. Динамика уловов ряпушки в Ладожском озере, т.

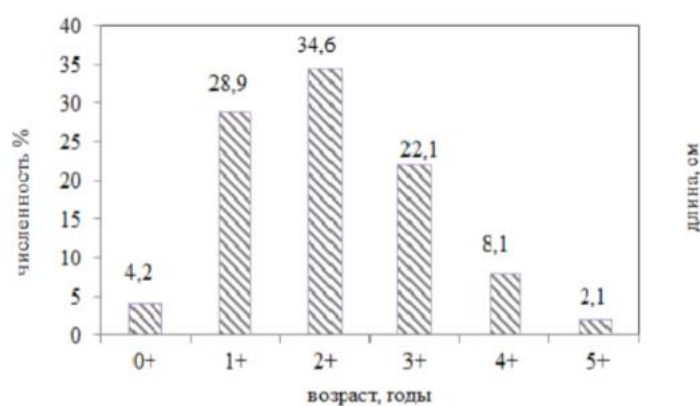


Рис. 14. Размерно-возрастной состав промысловой части популяции ряпушки Ладожского озера (в среднем за последние 5 лет).

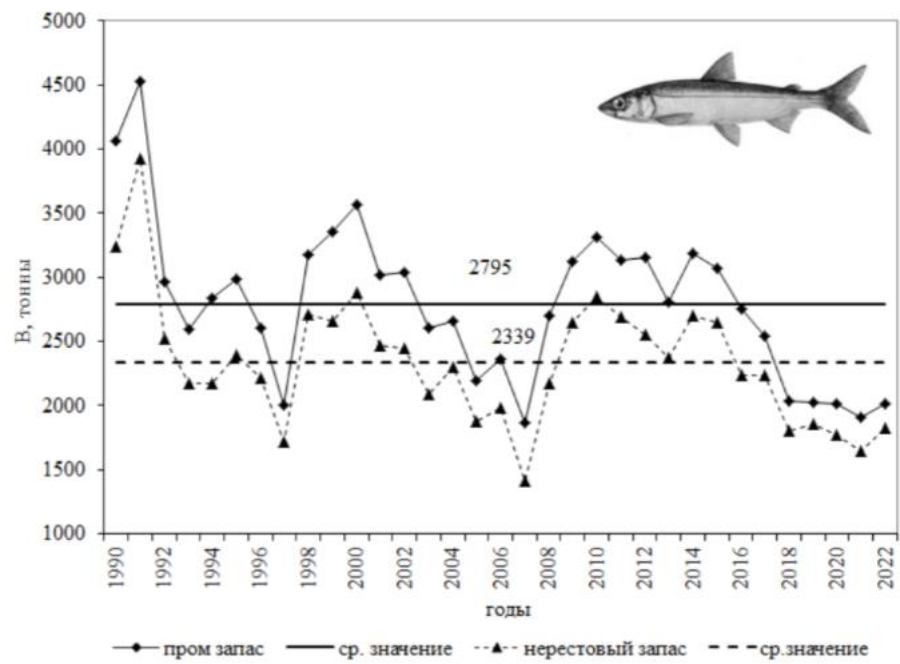


Рис. 15. Динамика промысловой и нерестовой биомассы ряпушки Ладожского озера.

#### 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛХОВСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА

Воспроизводство водных биоресурсов является ключевым мероприятием по сохранению видового разнообразия обитателей естественных водоемов и обеспечению сырьем рыбной отрасли. К настоящему времени значительные антропогенные воздействия на водоемы привели к резкому сокращению численности природных популяций, некоторые формы вошли в разряд редких и исчезающих.

Сиговые рыбы также являются национальным достоянием России. В прошлом они занимали ведущее положение в составе рыбного промысла во внутренних водоемах Северо-Запада, включая Ладожское озеро. В настоящее время волховский сиг занесен в Красную книгу России. Сохранить его популяцию удавалось исключительно за счет воспроизводства на Волховском рыбноводном заводе.

Северо-Западный филиал ФГБУ «Главрыбвод» является структурным подразделением Федерального Государственного Бюджетного Учреждения «Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов». В структуре Филиала находится Волховский рыбноводный завод, осуществляющий деятельность по воспроизводству сиговых видов рыб с 1927 года [25].



Рис. 16. Волховский рыбоводный завод. Фото из архива автора.

Волховский рыбоводный завод является старейшим рыборазводным заводом ФГБУ Северо-западного филиала ФГБУ «Главрыбвод», который осуществлял комплекс работ по воспроизводству популяций волховского сига и ладожского сига (Рис. 16). Оба вида сигов обитают в Ладожском озере. До постройки плотины Волховской ГЭС сиг поднимался по Волхову до озера Ильмень и входил в его притоки: Мсту, Ловать, Полу, Шелонь. По Мсте, где были лучшие нерестилища, поднимался до озера Мстино. В связи со строительством в 1925 году плотины ГЭС нерестовые миграционные пути волховского сига были полностью перекрыты. В 1964 г. волховский сиг, как находящийся на грани исчезновения, был занесен в Красную книгу России. В настоящее время нерест проходит в Волхове под плотиной ГЭС, частично в озере.

Биотехнология выращивания рыб включала весь цикл рыбоводных работ от заготовки производителей до выпуска подрощенной молоди в естественные водоемы. Выращивание мальков осуществлялось в бассейнах на искусственных кормах, проводился дискретный выпуск личинок и молоди на разных стадиях развития.

Ежегодно завод выпускал более 1,3 млн. разновозрастной молоди и сеголеток сига в реку Волхов и Ладожское озеро.

Завод расположен в г. Волхов Ленинградской области, на правом берегу реки Волхов, возле плотины Волховской ГЭС, в 120 км от г. Санкт-Петербурга (рис. 17).

Адрес: Ленинградская область, Волховский район, г. Волхов, Волховский проспект, д.20

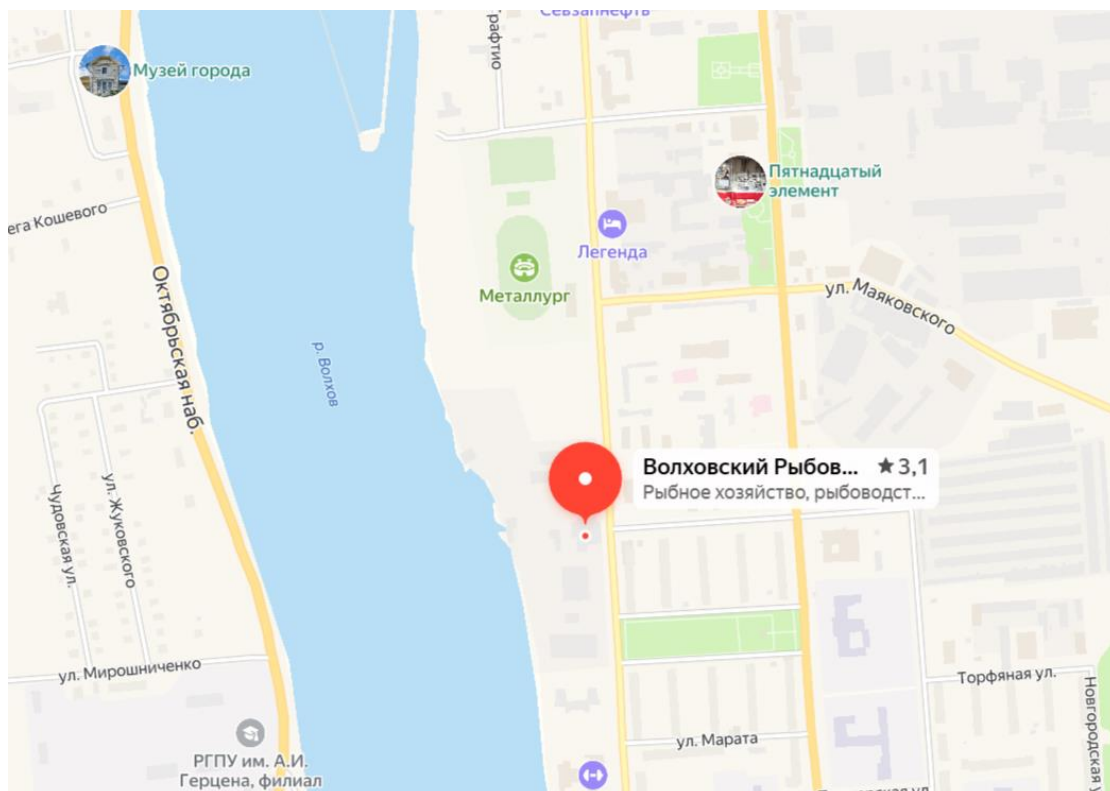


Рис. 17. Географическое расположение Волховского рыбоводного завода

Производственная мощность предприятия: 45 млн. штук икры сиговых; 4,6 млн. штук личинок сиговых; 0,084 млн. штук сеголеток сиговых, 3 млн. штук разновозрастной молоди сиговых рыб.

В 2017 году заводом было выпущено более 1,46 млн. штук разновозрастной молоди и сеголеток сига (пресноводная жилая форма «волховский») в реку Волхов.

В 2018 году выпущено более 1,2 млн. штук личинок и разновозрастной молоди и сеголеток сига (пресноводная жилая форма «волховский») в реку Волхов. Государственное задание выполнено в полном объеме [27].

В настоящее время завод находится на реконструкции.



## 5. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРИМЕНЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 5.1. Отбор и выдерживание производителей

Практический опыт работы Волховского завода показывает, что наиболее качественную икру получают при отборе непосредственно у рыбы, выловленной в естественной среде. Однако, необходимо предусматривать запас особей для получения икры в случае неблагоприятных погодных явлений во время промысла или ухудшения состояния здоровья производителей. Для достижения этой цели производится отбор неполовозрелых самок и самцов в количестве, достаточном для обеспечения производства икры высокого качества в будущем [31].

На Волховском заводе для отлова производителей волховского сига используются орудия лова - «пауки». «Паук» представляет собой конусовидный сачок из дели с размером ячеи 36 мм, натянутый на металлический обруч диаметром 4 м, глубина сачка составляет до 2, 5 м.

Отловленные с помощью «пауков» производители отсаживаются в брезентовые чаны объёмом до 200 л, которые находятся в каждой лодке. Затем отсаженные производители в брезентовых сумках по 2-3 шт. в каждой доставляются в живорыбную машину, в цистерну которой постоянно подаётся воздух (или кислород), и по мере накопления 30–50 шт. транспортируются на завод в стационарный бетонированный садок. Производителей сортируют по полу и рассаживают отдельно самок и самцов. Самок выдерживают в двух ближайших от водоподачи отсеках садка, в третьем отсеке содержат самцов. Сильно травмированные производители отсаживаются в отдельные лотки и считаются отбракованными.

Максимальная плотность посадки рыб при выдерживании не должна превышать 14 экз./м<sup>2</sup>. По нормативам ВНИРО (2015г.) средняя масса

производителей должна составлять: самки - 1, 1 кг, самцы - 0, 8 кг. Соотношение полов самки к самцам должны составлять 1: 3. Выдерживание производителей в стационарном садке проводят в период с 20 сентября по 10 ноября. Отбраковка производителей, несоответствующих рыбоводным требованиям может составлять до 10 %. Расход воды в садке для выдерживания составляет 0, 5 м<sup>3</sup>/мин.

Повышение температуры воды в период завершающих этапов гаметогенеза увеличивает сроки содержания производителей в садке завода, приводит к их травмированию и нарушениями в состоянии воспроизводительной системы.

Исследования показали возможность ускорения и синхронизации созревания половых клеток при помощи гормональной стимуляции. Экологическим методом получения зрелых половых клеток в более сжатые сроки может быть подача охлаждённой воды в лотки с производителями. Обычно производители заготавливаются с конца сентября по ноябрь. Созревание первых самок волховского сига начинается при достижении температуры воды 7°C [30].

## 5.2. Сбор созревших половых продуктов у производителей

Когда температура воды опускается до 1–2 °С, приступают к осмотру самок с целью определения их зрелости. Признаком половой зрелости самок является наличие в полости тела зрелых ооцитов, отделившихся от ткани гонад, что проявляется мягким брюшком. При незначительном надавливании на брюшко, зрелая икра легко выделяется из анального отверстия. Качество икры оценивается по ее консистенции и внешнему виду: она должна вытекать непрерывной струей, иметь правильную округлую форму и размер в набухшем состоянии в пределах 2,6-3,2 мм.

Оптимальным считается, если икра обладает насыщенным темно-желтым или оранжевым оттенком. Некондиционная, еще не достигшая зрелости икра,

характеризуется комковатой структурой. Перезревшая же икра отличается избыточным содержанием воды, полупрозрачными икринками, зачастую деформированными. Использование такого материала для оплодотворения недопустимо.

Также важно убедиться в отсутствии кровяных сгустков в икре, поскольку их наличие негативно влияет на оплодотворяемость. У самцов сперма должна иметь консистенцию средней густоты и легкий желтоватый оттенок [30].

По нормативам ВНИРО (2015г.) средняя плодовитость волховского сига составляет 30 тыс. шт./кг [32].

Получение зрелых половых продуктов осуществляют методом сцеживания. Икру и сперму получают только от здоровых особей с текучими половыми продуктами. Производителя (самку или самца) перед взятием половых продуктов тщательно обтирают сухим полотенцем. Икру и сперму получают в разные емкости, которые обязательно должны быть сухими.

Процесс извлечения икры включает следующие шаги: самку, готовую к нересту, извлекают из бассейна и помещают на полотенце, удерживаемое в руках. Особое внимание уделяется тщательному удалению слизи и влаги с брюшной области, особенно вокруг анального отверстия и анального плавника. Это необходимо для предотвращения попадания воды в емкость с икрой, что может спровоцировать её преждевременную активацию и, как результат, ухудшить результативность оплодотворения.

Самку плотно прижимают головой к телу оператора, а левой рукой фиксируют хвостовую часть так, чтобы икринки свободно стекали в подготовленную емкость. Брюшко рыбы аккуратно выгибают наружу, одновременно наклоняя голову к животу. Благодаря этому икра плавно, непрерывным потоком соскальзывает по стенке таза, бережно опускаясь на дно. Такой метод позволяет минимизировать риск повреждения икринок в процессе отцеживания.

Важно, чтобы зрелая икра выходила легко и беспрепятственно. Для сбора икры используют таз, куда отцеживают икру от 3–5 особей, ориентируясь на их размер и объем икры. Оптимально использовать светлые пластиковые емкости, так как на их фоне хорошо различим цвет икры. Процедура получения икры не должна превышать 5–7 минут, поскольку более длительное извлечение негативно сказывается на последующем оплодотворении. Взятие икры рекомендуется проводить в защищенном от ветра месте при температуре +2 - +4°C. Температура не должна превышать +6°C, в противном случае качество икры резко снижается.

После завершения процесса извлечения икры, получают сперму. Самцов, подобно самкам, тщательно вытирают сухим полотенцем, удаляя слизь и влагу. Затем, фиксируя хвостовую часть левой рукой, аккуратно надавливают правой рукой вдоль брюшной полости в направлении анального отверстия. Сперма выделяется в виде струи или отдельных капель непосредственно в емкость с икрой. Если сперма обладает хорошей консистенцией, то число используемых самцов соответствует числу самок, предоставивших икру [29].

### 5.3. Осеменение икры и подготовка ее к инкубации

Для осеменения икры в условиях цеха самцов можно использовать многократно с перерывом в 1-2 дня между взятиями спермы. Икру и сперму осторожно, но быстро и тщательно перемешивают в тазу пером. Для осеменения одной партии икры от 3–5 самок используют молоки от самцов, количество которых превышает число самок в 3 раза.

На Волховском рыбоводном заводе используют сухой способ осеменения, который так же называют русским методом. Процесс осеменения начинается сразу же после того, как в таз добавляется вода. Икру и молоки перемешивают пером. Воду добавляют малыми порциями, чтобы она только прикрывала слой икры. Добавление воды активирует сперму и икру, начинается

процесс осеменения, длящийся около 5-7 мин. В течение этого времени икру оставляют в покое.

На Волховском рыбоводном заводе оплодотворенная икра переносится в инкубационный цех и помещается в аппарат А. А. Боева для обесклеивания и одновременного набухания на 8 часов [10].

#### 5.4 Инкубация икры

Для инкубации икры на Волховском заводе используются аппараты Вейса (Рис. 18).



Рис. 18. Аппарат Вейса. Фото из архива автора.

После загрузки икры в аппараты, первое время ее перемешивают как можно чаще. В аппараты Вейса загружается 250–300 тыс. шт. икринок, при этом задействованы все аппараты, кроме одного или двух, в которые собирается отбракованная икра.

Ведется ежедневный учет погибшей икры. Допускается выживаемость икры в процессе инкубации для волховского сига 65%. Контроль за развитием икры производят через каждые 5 суток. Икра фиксируется в 4-х процентном растворе формалина и просматривается под микроскопом [2].

Отбор погибшей икры проводится ежедневно с помощью сифона.

Гибель икры в период инкубации за счет отхода травмированной и недоброкачественной составляет:

- первые сутки до 5% от общего количества икры, погибшей за весь период инкубации,
- на этапе дробления - 20-25 %,
- на этапе бластулы до замыкания желточной пробки - до 45%,
- гибель неоплодотворенной икры на 35 - 40 сутки - 10-15%,
- на стадии пигментации глаз за счет уродств и абортного вылупления – 15 - 25%.

Тем не менее, строгое следование биотехнологическим нормам позволяет существенно сократить потери икры, снижая их до 25-35% от первоначального объема заложенного материала.

Основная гибель икры приходится на период с 20 по 30 день инкубации, когда происходит застывание желточного мешка до закрытия желточной пробки, а также из-за отмирания неоплодотворенных икринок.

С момента начала дробления до начала пигментации глаз икра чувствительна к механическому воздействию. После начала пигментации глаз икра приобретает повышенную устойчивость к механическим воздействиям, но становится более требовательной к содержанию кислорода в воде, поэтому даже кратковременное нарушение водообмена может привести к ее гибели из-за снижения содержания кислорода в воде.

В течение всего времени инкубации необходимо поддерживать уровень кислорода в воде не ниже 70-80%. Аппараты Вейса настраиваются так, чтобы водный поток равномерно проходил через всю икру, обеспечивая удаление отмерших икринок через систему слива. Этот процесс позволяет отделить нежизнеспособную икру от здоровой.

Оставшуюся погибшую икру извлекают из аппаратов с помощью резинового сифона. Продолжительность инкубационного периода составляет примерно 6-6,5 месяцев. Температура воды при закладке основной массы икры

на инкубацию обычно составляет 6-70С. В дальнейшем происходит снижение температуры воды до значений 0, 5 -1, 50С, эти параметры остаются практически неизменёнными в течение 3 - 3, 5 месяцев [30].

### 5.5. Выдерживание предличинок

В середине апреля на Волховском рыбоводном заводе наблюдается пик вылупления предличинок. После вылупления личинки потоком воды направляются по специальному желобу в пластиковые накопительные лотки, расположенные рядом со стойками с инкубаторами. В этих лотках плотность посадки личинок может достигать 100 тысяч штук. Далее личинок перемещают в выростные бассейны. Лотки-накопители используются в течение 10-12 дней.

Выдерживание и выращивание предличинок, личинок и ранней молоди сигов на Волховском рыбоводном заводе проводят в лотках «ейского» типа размером 4, 2х0, 7м. Глубина воды в бассейнах и лотках поддерживается на уровне 25 см (рис. 20). Бассейны и лотки для выращивания должны находиться в освещенном помещении. В ночное время освещение выключается. На вытоке бассейна или лотка устанавливают фонарь - фильтр из мельничного сита с размером ячеек, препятствующей уходу рыб из рыбоводной емкости (рис. 19).



Рис.19. Фонарь, установленный в лоток. Фото из архива автора.

Модернизированный лоток «ейского» типа с усовершенствованным донным водоспуском включает в себя каркас для фонаря, крепежный элемент для фиксации фонаря и уплотнитель. Каркас изготавливается из прочной проволоки толщиной от 6 до 8 мм. Квадратная основа каркаса соединяется с деревянным основанием. На каркас надевается фильтр, сшитый в виде рукава из ткани мельничного сита. Фильтр плотно прикрепляется к деревянному основанию при помощи реек. Фонарь монтируется на выпуске в углублении бассейна и фиксируется винтами (Рис.19).

Фонарь цилиндрической формы с надетым фильтром устанавливают на уплотнитель, предварительно уложенный на высоте бассейна. Закрепляют фонарь на дне бассейна с помощью прижимного устройства. Перед зарыблением бассейны и лотки тщательно моют и дезинфицируют раствором марганцовокислого калия в концентрации 0,1 г сухого вещества на 10 литров воды. По мере роста предличинок необходимо производить смену мельничного сита на фонаре. Для вылупившихся предличинок массой 3-8 мг используется мельничное сито № 11, по достижении ими средней массы 50 мг – мельничное сито № 7.

На Волховском рыбозаводе в наличии имеются комплекты "фонарей" с требуемыми размерами ячеек мельничного сита. Чтобы заменить "фонарь", необходимо аккуратно извлечь всех личинок из емкости. Далее, "фонарь" демонтируется, бассейн тщательно очищается, и устанавливается новый "фонарь", который надежно фиксируется. Когда молодняк достигает веса 0,3 г, "фонари" заменяются на решетки из металлической сетки с размером ячеек сначала 2 мм, а затем 4-8 мм.



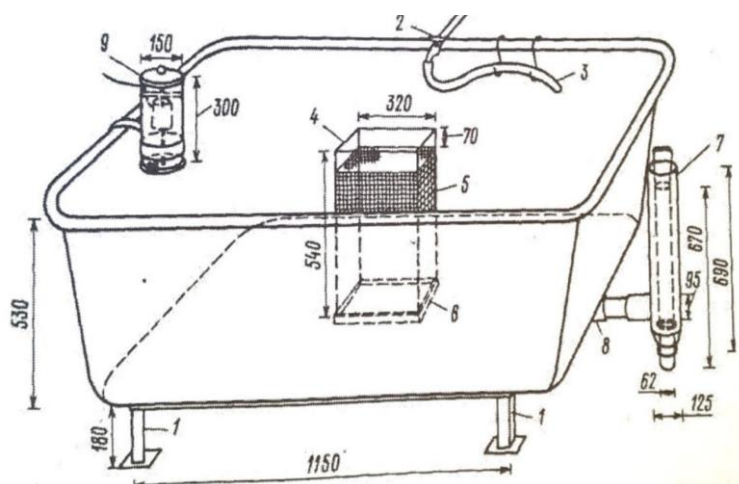


Рис. 20. Схема бассейна для выращивания молоди сиговых рыб (размеры в миллиметрах):

1- опорная конструкция для бассейна; 2 – кран для подачи воды; 3 - резиновый шланг; 4 - металлический каркас; 5 – фильтр; 5 - деревянная рамка для крепления фонаря; 6 - уровенная труба; 7 - труба для стока воды из бассейна; 8 - кормораздатчик.

Выклев отдельных личинок волховского сига обычно начинается при температуре воды 3°C. Хотя начало выклева личинок может происходить при различной температуре. По мере выклева личинки скатываются из инкубационных аппаратов с током воды по желобам в приемные лотки, откуда постоянно пересаживают в бассейны накопители, в которых они выдерживаются в течении трех суток (Рис. 21). Некоторое время они находятся в стадии покоя.



Рис. 21. Бассейны для подращивания личинок цеха №3 Волховского рыбоводного завода. Фото из архива автора.

### 5.6. Подращивание личинок и молоди

После выдерживания личинки рассаживаются на выращивание в лотки по 80 тыс. шт. на лоток или по 100 тыс. шт. на м<sup>3</sup> воды. При рассадке личинок используется эталонный метод (рис. 22). Учет подрошенных предличинокличинок и молоди проводится следующим образом. В эмалированный таз из бассейна вручную поштучно отсчитывается определённое количество молоди сига, количество варьирует в зависимости от возраста после чего данный таз при дальнейшем отсчете принимается за эталон. Затем, визуальное сравнение эталонный таз с личинками, заполняются остальные тазы, предварительно наполненные водой. Из бассейнов специальным большим сачком вылавливают личинки и помещаются в

остальные тазы так, чтобы количество личинок в эталонном тазу как можно более точно соответствовало количеству в остальных тазах.



Рис. 22. Рассадка личинок эталонный методом. Фото из архива автора.

Для заполнения тазов воду следует брать прямо из-под водоподающей трубы с биоблоком, так как она больше обогащена кислородом и имеет более низкую температуру, чем в бассейне (Рис. 23).



Рис.23. Водоподводящая труба с биоблоком. Фото из архива автора.

Это помогает избежать замора молодежи в тазах во время подсчета. Подача воды в лотки осуществляется через общую систему водоснабжения сверху. Водообмен в лотке проходит 2, 5 раза в час, при этом уровень водоподачи составляет 0, 3 л/сек.

В процессе культивации мальков волховского сига предусмотрена четырехкратная смена защитных элементов (фильтров и решеток), предотвращающих их побег из бассейнов:

Первый этап: применяются фильтры с ячейкой 1 мм, пока средний вес личинок не достигнет 50 мг.

Второй этап: используются фильтры с ячейкой 2 мм до момента, когда молодь наберет массу 250 мг.

Третий этап: устанавливаются решетки из нержавеющей стали с отверстиями диаметром 3 мм, пока вес молоди не достигнет 1 г.

Четвертый этап: до завершения периода выращивания используются решетки из нержавеющей стали с отверстиями размером 4-5 мм.

В течении дня дно лотка покрывается остатками корма, илом, песком, продуктами жизнедеятельности рыб, в связи с этим на заводе необходимо осуществлять раз в сутки их очистку.



Рис. 24. Чистка бассейнов при помощи шлангов. Фото из архива автора.

Для удаления загрязнений из лотков используют шланг диаметром 28 мм, один конец которого задействован для всасывания, а другой направлен в деревянную емкость с сетчатым дном (Рис. 24). Размер ячеек сетки должен соответствовать размеру мальков. Эта емкость располагается в пластиковой ванне, в нижней части которой предусмотрены отверстия для слива воды.

После завершения очистки бассейна, деревянный ящик извлекают из ванны и аккуратно смывают попавшие в него личинки в емкость с водой, а затем перемещают их в лоток.

Одним концом шланга отсасывают загрязнители, другой отпускают в деревянный ящик с сетчатым дном, размер ячеей которой соответствует размеру молоди. Ящик помещается в пластмассовую ванну с отверстиями в нижней части ванны, которые служат для стока воды. По окончании чистки бассейна деревянный ящик вынимают из ванны и смывают попавшихся в ящик личинок в таз с водой, а затем в лоток.

Ежедневно стенки бассейнов промываются губкой из поролона. Очистка "фонарей" осуществляется ершиком, а уровнемерная трубка подвергается очистке раз в сутки одновременно с промывкой резервуаров (Рис. 25). Важно следить, чтобы во время очистки уровень воды в резервуарах не падал ниже отметки в 17 см.



Рис. 25. Чистка фонарей. Фото из архива автора.

Развитие личинок волховского сига крайне чувствительно к параметрам окружающей среды, поэтому требуется непрерывный мониторинг температуры воды, уровня кислорода и прочих гидрохимических характеристик. Основная цель гидрохимического мониторинга заключается в оперативной идентификации негативных изменений в водной среде и их немедленном устранении.

Для оптимизации расчетов суточного кормления необходимо учитывать колебания температуры воды, которые происходят как минимум дважды в течение суток. Концентрацию кислорода измеряют с помощью оксиметра. Чтобы установить содержание кислорода на входе в лоток, необходимо взять пробу воды из подающей трубы в емкость и выполнить измерение. Определение содержания кислорода на выходе осуществляется непосредственно в воде внутри сливного отверстия лотка. Рекомендуется ежедневно фиксировать показатели расхода воды в каждом отдельном лотке. Для этого необходимо иметь секундомер и мерное ведро объемом 10 л. В момент измерения нужно одновременно с пуском секундомера подставить ведро под струю из попадающей или сбросной трубы. Фактический расход воды в лотке рассчитывается по формуле:

$$PB=V/t,$$

где V - объем воды в ведре, л; t - время, сек.

Длительный период низких температур, особенно на начальных стадиях выращивания отрицательно воздействует на темп развития личинки. Оптимальными температурами выращивания в июне являются температуры 15–17 °С, в июле – августе до 20 °С.

Освещенность оказывает существенное влияние на формирование моторной реакции у личинок сига. Режим освещения воздействует на ритмы питания и обменные процессы рыб. На ранних стадиях развития у личинок сига четко выражен положительный фототаксис, что является видовым стереотипом поведения. Увеличение пищевой активности личинок в лотках завода при переходе к экзогенному питанию наблюдается при освещённости на поверхности воды от 80 до 100 люкс. Пониженная освещенность приводит к нарушению ритма питания, снижению выживаемости и увеличению вариабельности веса личинок. Для достижения благоприятного светового режима на начальных этапах постэмбрионального развития необходимо в первые 20-25 суток выращивания личинок установить подсветку в виде ламп с отражателями, если естественная освещённость будет недостаточной. В

дальнейшем, на более поздних стадиях развития, у личинок и мальков сигов интенсивность пищевого поведения определяется, главным образом, благоприятными температурными и гидрохимическими режимами, отношение же к освещенности безразличное. Отрицательно сказывается только освещение лотков прямыми солнечными лучами или затемнение лотков [9].

При разведении личинок и молодняка волховского сига крайне важно соблюдать рекомендованную плотность посадки. Эти параметры были экспериментально определены специалистами Волховского рыбоводного завода (табл. 1).

Таблица 1

Нормативы плотности посадки сиговых рыб на рыбоводных заводах Северо-Западного региона [1]

Масса, мг.	Возраст, сут.	Температура воды, °С	Плотность посадки на лоток 0, 8 м <sup>3</sup> , тыс. шт.
10-12	10-15	8-10	80
50	40-45	18-19	35
100-150	45-60	18-19	13
250-300	70-75	18-19	6
1000-2000	100	Менее 20	2,9
3000-5000	120	Менее 20	1,9
5000-10000	140	-	0,93

Кормление личинок и молоди сигов.

Кормление проводят по определенным нормативам с учетом массы рыб, температуры воды, газового режима воды. На ранних этапах постэмбрионального развития рыбу кормят по поедаемости корма, на более поздних этапах выращивания используют нормативы, предложенные фирмой-изготовителем (Табл. 2).

## Режим кормления на Волховском рыбоводном заводе [2]

Стадия развития	Период кормления	Интервал между кормлениями	Количество кормления за период
Личиночная стадия	7:00- 20:00	30 мин.	24
250 мг.	6:00-21:00	1 час	16
3 г.	6:00-21:00	2 часа	7

На Волховском рыбоводном заводе кормление производили кормами датской фирмы «БиоМар». Фирма – изготовитель позиционирует свои корма марок «Иницио Джи Плюс», «Ларвива Вин – Экс» и «Иницио Плюс 901», как корма для сиговых рыб. Сотрудниками завода установлена возможность применения эти кормов и для волховского сига на всех этапах выращивания. Стартовые корма «Иницио Плюс» компании БиоМар были разработаны для быстрого выращивания здоровой молоди сиговых видов рыб. За счет быстрого роста и высокой выживаемости молоди эти корма обеспечивают хорошие результаты выращивания, в настоящий момент корма данной фирмы не поставляются на территорию Российской Федерации.

Сиговые рыбы и их личинки крайне восприимчивы к различным болезням. Учитывая неблагоприятную экологическую обстановку, важно осуществлять профилактические меры для предупреждения инфекционных и паразитарных заболеваний, которые могут быть спровоцированы паразитическими простейшими, такими как *Trichodina*, *Apiosoma* и *Ichthyophthirius*.

Из-за высокой токсичности формалина для сиговых рыб, его применение в профилактических ваннах недопустимо. В рыбоводческих хозяйствах для этих целей применяют ванны с перманганатом калия в концентрации 1-6 г/м<sup>3</sup> с экспозицией 10-20 минут. Альтернативным вариантом является использование малахитового зеленого в дозировке 0,3–1,0 г/м<sup>3</sup> также с экспозицией 10-20



минут, с повторением процедуры через 3 дня. Важно следить, чтобы температура воды во время обработки не превышала 14°C.

Для борьбы с сапролегниозом, наблюдаемым у производителей волховского сига, применяется обработка малахитовым зеленым в дозировке 30 г на 120 м<sup>3</sup> воды (время воздействия 30 минут, повторение процедур каждые 3 дня).

В период с июля по август на Волховском рыбоводном заводе было зафиксировано значительное увеличение температуры воды. В случае достижения критических температурных показателей, в воду добавляют обычную соль, которая применяется в качестве общеукрепляющего средства для рыбы [27].

#### 5.7 Выпуск личинок в естественные водоемы

Перед транспортировкой молоди следует провести подготовительные мероприятия. Кормление подращенной молоди прекращается за сутки, сеголеток за двое суток до планируемой транспортировки.

На Волховском рыбоводном предприятии выпуск молоди волховского сига производится непосредственно в реку Волхов (Рис. 26). Транспортировка осуществляется с использованием специализированного автотранспорта для перевозки живой рыбы, оснащенного системой обогащения воды кислородом. Выпуск молоди производится в вечернее время в заранее определенных местах реки. Период выпуска охватывает временной промежуток с конца апреля по июнь включительно.

Подсчет личинок для выпуска осуществляется эталонным методом. Сразу после распределения личинок по емкостям согласно установленному эталону, их осторожно перемещают в пластиковые ведра и доставляют к машине. Таким образом, зная количество емкостей с молодью, заполненных методом эталона, можно оценить общий объем выпускаемой молоди определенной навески [9].

Последний выпуск молоди и сеголеток пресноводной жилой формы волховского сига на Волховском рыбоводном заводе, перед закрытием его на реконструкцию осуществлялся в 2020 году (Табл. 3)



Рис. 26. Выпуск волховского сига. Фото из архива автора.

Таблица 3

Информация о выпусках волховского сига в счет Госзадания по стостоянию на 2019 и 2020 [3]

Год	Вид рыбы	Возраст	Фактически выпущено		Место выпуска
			Кол-во, мил. шт.	Ср.вес,г	
2020	Сиг (пресноводная	молодь	0,763000	0,07-0,09	р. Волхв
		сеголетки	0,069630	3,6-10,0	р.Волхов
2019	жилая форма «волховский»)	молодь	0,763000	0,07-0,09	р.Волхов
		сеголетки	0,084000	3,6	р.Волхов

## 6. ИННОВАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА СИГОВЫХ РЫБ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ НА ПРИМЕРЕ ВОЛХОВСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА

### 6.1 Модернизация Биотехники воспроизводства молоди волховского сига

Для повышения эффективности воспроизводства волховского сига необходимо оснастить инкубационный цех терморегулирующими установками, позволяющими поддерживать оптимальную температуру воды при инкубации икры.

Отклонения от оптимальной температуры во время инкубации икры провоцируют ускоренное развитие эмбрионов и сбои в синхронности их развития. Это, в свою очередь, отрицательно сказывается на развитии эмбрионов и личинок. Непродолжительное повышение температуры воды в мартовский период может вызвать преждевременное появление части личинок, что негативно влияет на эффективность рыбоводных работ. Так же повышенная температура снижает насыщение воды кислородом в среднем на 50% [28].

Повысить эффективность выращивания личинок и устранить негативное влияние природных и антропогенных факторов можно путём перехода завода от прямоточного рыбоводного хозяйства к УЗВ. Повышение эффективности выращивания сиговых заключается в полном контроле качества воды, не зависящем от ее состояния в реке [17].

Преимущества установок замкнутого водоснабжения (УЗВ):

- поддержание оптимальной температуры. Это играет ключевую роль в достижении высокой производительности;
- комплексная очистка воды. Вода освобождается от органики и многократно возвращается в систему для обеспечения бассейнов с рыбой;
- нормализация химического состава и газового баланса воды. В частности, удаляются азотные соединения, образующиеся в результате метаболизма рыб;

- поддержание гигиенической чистоты воды. Для этого применяются установки обеззараживания, использующие ультрафиолетовое излучение, озонирование или комбинацию этих методов для контроля микрофлоры в циркулирующей воде.

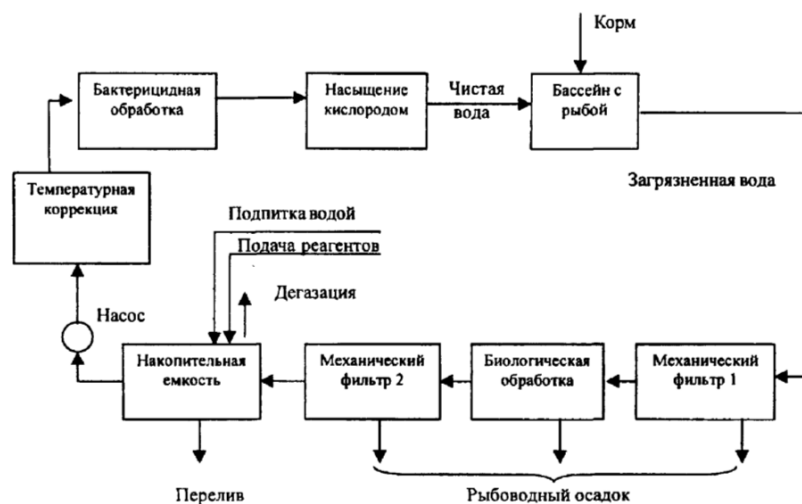


Рис. 27. Структурная схема УЗВ

УЗВ (установка замкнутого водоснабжения) — это система, предназначенная для создания оптимальных условий для выращивания и разведения рыбы. Она обеспечивает замкнутый цикл водоснабжения, что позволяет существенно сократить расход воды (Рис. 27).

Составные компоненты УЗВ:

Рыбоводный бассейн, куда поступает чистая, обогащенная кислородом вода, а выходит загрязненная отходами жизнедеятельности рыб и обедненная кислородом. Уровень загрязнения воды на выходе прямо пропорционален количеству потребляемого рыбами корма.

Механический фильтр №1. Его задача – удаление из воды взвешенных частиц, поступающих из рыбоводного бассейна.

Биологическая обработка воды представляет собой многоступенчатый процесс преобразования органических соединений в нетоксичные продукты, безопасные для рыбы. Процесс выполняется аэробными бактериями,

потребляющими значительное количество кислорода, и сопровождается образованием биомассы бактерий и изменением pH воды.

Механический фильтр №2. Предназначен для улавливания частиц биопленки, образующейся в процессе биологической очистки и выносимой потоком воды из блока биофильтрации.

Накопительная емкость выполняет несколько важных функций, включая обеспечение работы насоса и удаление излишков воды через систему перелива.

Насос гарантирует непрерывную циркуляцию воды в системе. Он обеспечивает прохождение воды через все элементы установки, обладающие гидравлическим сопротивлением.

Температурный контроль поддерживает оптимальный температурный режим, необходимый для успешного выращивания рыбы.

Обогащение кислородом – важнейший элемент УЗВ, поскольку все биологические процессы требуют значительного потребления кислорода. Кислород расходуется на дыхание рыб и на окислительные процессы при биологической очистке. Системы насыщения воды кислородом могут быть разделены: одна устанавливается перед подачей воды в бассейн, а другая – перед подачей на биофильтрацию. В некоторых системах насыщение кислородом и циркуляционный насос объединены в конструкцию типа "эрлифт"[3].

## 6.2 Подращивание молоди в садках

Исследования, выполненные специалистами ГосНИОРХ, в 1990 году оценили популяцию волховского сига в Ладожском озере приблизительно в 50 тысяч особей. Поддержание этого количества обеспечивалось усилиями Волховского рыбозавода, который использовал промышленные методы для выращивания молоди на специализированных кормах. Завод по плану выпускал около 2,1 миллиона экземпляров молоди: 1,5 миллиона личинок в возрасте 10-

15 дней, 0,5 миллиона ранней молоди весом от 50 до 250 мг, 0,075 миллиона молоди весом 1-5 г и 0,05 миллиона сеголеток весом 10 г.

Исходя из мнения специалистов, данный объем выпуска молоди малой навески оказался недостаточным для полноценного восстановления популяции волховского сига. По оценкам ГосНИОРХ, для повышения запасов этого вида и увеличения его вылова до уровня 1922 года, когда вылавливалось 300 тонн в год, необходимо ежегодно производить и выпускать в Ладожское озеро не менее 3 миллионов сеголеток, каждая из которых должна весить 18-20 грамм, так как выпуск более крупных особей в естественные водоемы, это более эффективный способ повысить выживаемость и в последствии ускорить восстановление популяции волховского сига [30].

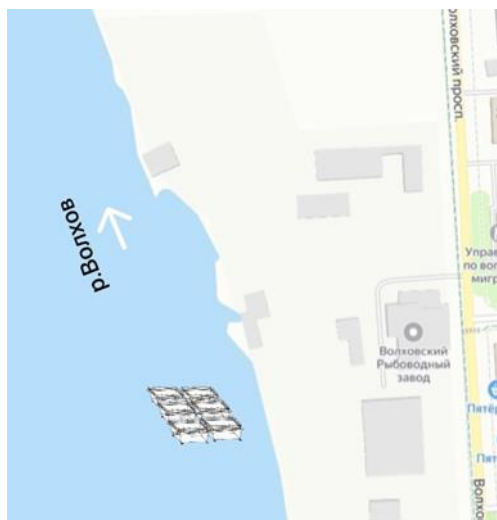


Рис. 28. Расположение садков

В садках на искусственных кормах волховский сиг растет быстрее, чем в природе. Трехлетки достигают массы 640–700 г. Оптимальной для роста ранней молоди и сеголеток является температура воды 18 °С, более старших возрастов – 12–16 °С. Уже первое поколение сига успешно приспосабливается к содержанию в искусственных условиях и эффективно усваивает искусственные корма. Исходя из этого данный вид рассматривается не только как нуждающийся в активном искусственном воспроизводстве, но и как перспективный объект для развития товарной аквакультуры, что дает возможность для его коммерческого разведения и получения ценной рыбной продукции.

Выращивание сеголеток возможно в садках, размещенных на понтонной линии, установленной в водоеме (рис. 28). Молодь сига, достигшая массы 0,4–0,5 г, подходит для данного содержания. Заполнение садков с размером ячеей 3 мм осуществляется предварительно отсортированной молодью, прошедшей отбор на лотковом участке.

Рекомендуемая плотность посадки составляет 600 экземпляров на кубический метр или 1200 экземпляров на квадратный метр. Садки погружаются на глубину 2,0 метра. Для транспортировки молоди от лоткового участка к садковой линии следует использовать специализированный автомобиль для перевозки живой рыбы.

Необходимо следить за уровнем кислорода во время транспортировки рыбы. Наиболее благоприятным признается значение на уровне 7–9 мг/л, приемлемым – 5–6 мг/л. Плотность посадки молоди в транспортировочные емкости не должна превышать 15–17 кг на кубический метр.

При достижении молоди среднего веса в 3,0 г, ее переводят в садки, с увеличенным размером ячейки до 8 мм. Для пересадки рыбы потребуются специальные носилки, ведра и сачки. Подсчет количества молоди осуществляется методом взвешивания.

Рекомендуемая плотность посадки составляет 280 экземпляров на кубический метр, или 560–840 экземпляров на квадратный метр при глубине погружения садка в пределах 2–3 метров. Кормление подросшей рыбы в садках производится с использованием экструдированных кормов, разработанных ГосНИОРХ, либо кормов для сиговых пород от финского производителя «Рейху-Райсио» или датской компании «БиоМар».

Дневная норма корма устанавливается, исходя из температуры воды и массы молоди, с учетом предполагаемого прироста. Наиболее благоприятная температура воды для интенсивного роста молоди волховского сига в садках находится в диапазоне 14–18 градусов Цельсия.

Рекомендуется раз в неделю производить осмотр дна садков, приподнимая их боковые стенки с обеих сторон. Это действие вынуждает рыбу

перемещаться в незанятую часть пространства. Мертвые особи извлекаются со дна при помощи сачка. Для защиты от чаек, способных нанести существенный урон молоди, как на поверхности, так и в глубине воды, садки накрывают сеткой.

Процедура выращивания сеголеток волховского сига в садках длится с середины июня по октябрь-ноябрь. При температуре воды в летний период от 16 до 20 °С, а осенью – от 8 до 12 °С, к концу периода выращивания рыба достигает в среднем веса 20–25 грамм. Уровень выживаемости при этом составляет не менее 70% [29].



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сиговые рыбы представляют собой важный объект рыболовства. Однако за последние десятилетия наблюдается значительное сокращение численности многих сиговых популяций. Это обусловлено негативным влиянием человеческой деятельности на экологическую обстановку, а также масштабным браконьерством, направленным на вылов производителей в период их миграции к местам нереста.

Сформировавшие обстоятельства приводят к тому, что рыбоводные предприятия сталкиваются с нехваткой зрелых особей и икры, необходимой для получения посадочного материала, предназначенного для воспроизводства и товарного выращивания рыбы, молодь выпускается в маленькой навески, что существенно влияет на выживаемость, а в последствии и на восстановления. В связи с этим, одним из ключевых вопросов для рыбного хозяйства становится повышение продуктивности искусственного разведения сиговых пород. Наиболее успешным подходом к решению этой задачи является внедрение индустриальных технологий разведения [31].

Индустриальный метод обладает рядом достоинств. Благодаря высокой плотности посадки рыбы, потребность в рыбоводных площадях, таких как бассейны и садки, для содержания молоди, ремонтных и маточных стад сигов, значительно сокращается. Выращивание осуществляется под постоянным контролем, что повышает выживаемость рыбы и уменьшает потребность в посадочном материале и производителях для получения икры. При этом производители могут использоваться в нескольких нерестовых циклах [29].

Сиговые виды рыбы очень восприимчивы к условиям окружающей среды, в следствии чего улучшить эффективность выращивания личинок и избавиться от негативного влияния природных и антропогенных факторов можно путём перехода завода от прямоточного рыбоводного хозяйства к УЗВ.

Главное достоинство применения установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) содержится в независимости от условий окружающей среды, которые

включают в себя; температуру воды, уровень pH и кислорода. В системах УЗВ все эти параметры тщательно контролируются и поддерживаются оператором [3].

Выпуск молоди в малых навесок, остается недостаточным для полноценного восстановления сиговых видов рыб. Более перспективным подходом к увеличению выживаемости и, как следствие, ускорению восстановления является выпуск в природные водоемы более крупных особей. Процесс подращивания молоди можно релиазовать в садках, на искусственных кормах [31].

## Список литературы

1. Аникиева Л.В., Иешко Е.П., Соколов С.Г, Ильмаст Н.В. // Успехи современной биологии. – 2020. – № 3– С. 306–312
2. Аринжанов А.Е., Мирошникова Е.П., Килякова Ю.В. Технические средства аквакультуры. – Оренбург.: Учебное пособие, 2016. – 238 с.;
3. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения // Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы . – 2010. – С-74.
4. Драбкова В.Г., Российская академия наук озераведения // Ладога. – 2013.
5. Гребцов М.Р. Эколого - токсикологическое состояние Волховской губы Ладожского озера // [www. gavm. spb. ru.](http://www.gavm.spb.ru) – 2014. – С. 229.
6. Журавлев В. Б., Ломакин С. Л., Решетников Ю. С. Морфоэкологическая характеристика обыкновенного сига *Coregonus lavaretus* (L.) озера Сорулукель в Республике Алтай //Экология. – 2014. – №. 5. – С. 376-376.
7. Исаев А. В., Рябченко В. А., Коник А. А. Воспроизведение современного климатического состояния экосистемы Ладожского озера //Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2024. – Т. 17. – №. 2. – С. 50-65.
8. Кирилов В.А. Влияние волховской ГЭС на эколого-водохозяйственное состояние в бассейне реки Волхов // Будущее науки – 2022. – С. 237-240.
9. Козлова Г.В Курс лекций для студентов направления подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура очной и заочной форм обучения, 2018.
10. Костюничев В. В. и др. Искусственное воспроизводство рыб на северо-западе России //Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 153. – С. 26-41.

11. Кузнецова Е. В. Анализ паразитофауны и эпизоотического состояния сиговых рыб в водоёмах Северо-Запада // Диссертация. – 2003.
12. Леонов А. Г., Шурухин А. С. Состояние рыбных запасов и промысла основных промысловых видов рыб Ладожского озера в XXI веке // Вопросы рыболовства. – 2024. – Т. 25. – №. 3. – С. 55-76.
13. Летанская Г.И., Протопопова Е.В. Современное состояние фитопланктона Ладожского озера (2005–2009 гг.) // Биология внутренних вод. – 2012. – №. 4. – С. 17-27.
14. Лукин А.А., Лукина Ю.Н., Тыркин И.А. Состояние запасов основных промысловых видов рыб Ладожского озера // Вопросы рыболовства. – 2017. – Т. 18. – №. 3. – С. 304-312.
15. Наumenко М.А., Каретников С.Г. Морфометрия и районирование глубин озера. Ладожское озеро – прошлое, настоящее, будущее. – СПб.: Наука, 2002 – с. 16-49.
16. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: Учебник. 2-е изд., перераб. - М.: Изд-во "Лань", 2017. – с. 440.
17. Проскуренок И.В. Замкнутые рыбоводные установки // Издательство ВНИРО. 2003.
18. Распопов И.М. Видовое разнообразие высших водных и прибрежно-водных растений в литоральной зоне Ладожского озера // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2009. – №. 7. – С. 173-180.
19. Решетников Ю. С. // Рыбы в заповедниках России. – 2010.
20. Решетников Ю. С. // Экология и систематика сиговых рыб. – 1980.
21. Решетников Ю. С. и др. Атлас пресноводных рыб России. – 2002.
22. Решетников Ю. С. Обыкновенный сиг *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758) (волховская и свирская популяции басс. Ладожского озера) //Красная книга Российской Федерации. – 2021. – С. 354-355.
23. Романов А. Ю., Аршаница Н. М. Эколого-ихтиотоксикологическое состояние южной акватории Ладожского озера // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – №. 2. – С. 171-178.

24. Румянцев В. А., Кудерский Л. А. Ладожское озеро: общая характеристика, экологическое состояние // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2010. – №. 1. – С. 171-182.
25. Северо – Западный филиал Главрыбвод [Электронный ресурс] [https://nwfishvod.ru/?page=nw\\_fish](https://nwfishvod.ru/?page=nw_fish) – (Дата обращения: 03.03.2025)
26. Станиславская Е. В., Горченко А. С. Разнообразие водорослей перифитона в притоках Ладожского озера // Новости систематики низших растений. – 2005. – Т. 39. – С. 89-108.
27. Федеральное агентство по рыболовству (Росрыболовство). [Электронный ресурс]: Сиг обыкновенный – направление доступа: <http://aquacultura.org/objects/13/31/> – (Дата обращения: 03.04.2025);
28. Черняев Ж. Воспроизводство сиговых рыб. // Эколого-физиологические особенности размножения и развития. – 2022.
29. Шумилина А.К. Сборник методических рекомендаций по индустриальному выращиванию сиговых рыб для целей воспроизводство и товарной аквакультуры. – СПб.: 2012.
30. Якимов Ф. Д. Этапы биотехники воспроизводства Волховского сига на базе ФГБУ Главрыбвод Волховский рыболовный завод // Студенческий вестник. – 2021. – №. 20-7. – С. 43-44.
31. Якимов Ф.Д., Митютько В.И. Формирование маточного поголовья волховского сига на Волховском рыболовном заводе // Мат. межд. науч.- прак. конф. "Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК".–2021.–ч.1,–С.277–278.
32. Яржомбек А.А. Образ жизни и поведение промысловых рыб. - М.: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), 2016. — с. 200.