



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
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: Состояние популяций сиговых рыб бассейна реки Печора и
пути их восстановления

Исполнитель Вокуев Александр Михайлович

Руководитель доцент, к. б. н. Шошин Александр Владимирович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(Подпись)

к.т.н., зав. кафедрой

Королькова Светлана Витальевна

«19» июня 2018 г.

Санкт-Петербург

2018



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
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: Состояние популяций сиговых рыб бассейна реки Печора и
пути их восстановления

Исполнитель Вокуев Александр Михайлович

Руководитель доцент, к. б. н. Шошин Александр Владимирович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(Подпись)

к.т.н., зав. кафедрой

Королькова Светлана Витальевна

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург

2018

Оглавление

Введение 3

1. Представители сиговых, обитающие в р. Печора	5
2. Современное состояние популяций сиговых рыб в бассейне р. Печора.	26
3. Общая географическая и экологическая характеристика места расположения рыбоводного завода.	30
3.1 Водный режим Печоры и её притока Сулы.....	32
3.2 Экологическое состояние р. Печора.....	33
4. Место для строительства рыбоводного завода.	34
5. Биотехника искусственного воспроизводства сига-пыжьяна и пеляди в р. Сула.	36
5.1 Заготовка производителей.	36
5.2 Выдерживание производителей сига и пеляди.....	36
5.3 Отбор производителей.....	37
5.4 Сбор половых продуктов.....	37
5.5 Осеменение и оплодотворение икры.....	39
5.6 Контроль и отбор погибшей икры.....	41
5.7 Контроль и отбор погибшей икры.....	42
5.8 Профилактические мероприятия.....	42
5.9 Вылупление свободных эмбрионов, выдерживание и подращивание личинок.....	43
5.10 Выпуск подрощенной молоди.....	46
6. Рыбоводный расчет	47
7. Водоснабжение, расчет расхода воды, водоочистка.	51
Заключение	54
Список литературы	56

Введение

На всем европейском Северо-Востоке России главным рыбохозяйственным водоёмом можно назвать реку Печора. Именно в ней до сих пор в промысловых количествах сохранились популяции ценных рыб, в том числе сига. В остальных реках этой территории, таких как Северная Двина, Мезень, Онега, даже максимальный вылов этой рыбы в прошлом был в несколько раз меньше, чем средний в Печоре. Например, в Северной Двине максимальный вылов был достигнут в 50-е годы прошлого века и составил 67 тонн. В Печоре же в 70-х годах средний вылов составлял 190 т [6].

Однако и в этой реке за последние 30 лет численность сига заметно снизилась. Причинами этого стали интенсивное рыболовство, отступление от допустимых норм вылова, а также низкий уровень естественного воспроизводства.

Кроме того, на популяции рыб, в том числе сиговых, повлияло развитие нефтегазовой промышленности в Ненецком автономном округе. Почти на всем протяжении р. Печоры и её притоков наблюдается нефтяное загрязнение. Нефтепродукты поступают в реку вследствие утечек, аварий на трубопроводе, а также в процессе эксплуатации различного оборудования, судоходства. Популяции сиговых пострадали особенно сильно, так как их нерест и нагул происходит в нижнем течении Печоры. Именно нижнее течение оказалось наиболее затронуто антропогенной деятельностью. Следствием нагрузки на популяции сиговых стало почти полное исчезновение из промысла чира и омуля [6].

Антропогенное воздействие стало причиной того, что естественное воспроизводство не обеспечивает в Печоре численность сиговых, сравнимую с прошлым веком.

Для восстановления популяций до прежнего уровня возникает необходимость сочетания естественного воспроизводства сиговых с искусственным. Это может способствовать восстановлению их запасов и стабилизации уровня запасов. Строительство сигового рыбоводного завода в

Печерском бассейне – вопрос, который уже неоднократно поднимался в Ненецком АО. Этот субъект единственный из всех в Северо-Западном федеральном округе, где отсутствует рыбоводство. Единственным местом, где в НАО производилось выращивание рыбы, является село Коткино. Там до 2004 года выращивали личинку пеляди для выпуска в озера [7].

Цель работы: обоснование и разработка проекта строительства сигавого рыбоводного завода на притоке Печоры – реке Сула.

Задачи:

1. Описать физико-географическую характеристику выбранного места
2. Сделать обзор современного состояния популяций сига
3. Описать методы сохранения популяций
4. Рассмотреть биологию объектов воспроизводства
5. Произвести описание биотехнологического процесса воспроизводства
6. Провести рыбоводный расчет

Предмет исследования – состояние популяций сига реки Печоры.

Объектом работы является проект сигавого рыбоводного завода.

Актуальность работы заключается в необходимости восстановления популяций сига в р. Печоре. Целесообразность строительства завода подтверждают выловы сига в Обь-Иртышском бассейне за счет искусственного воспроизводства: ежегодно вылавливается до 310 т пеляди и до 290 т муксуна [1].

Структура работы: выпускная квалификационная работа на 58 страницах, состоит из введения, 7 глав с 12 подглавами, заключения, в котором содержатся выводы по написанной работе, списка использованной литературы в количестве 21 источника.

1. Представители сиговых, обитающие в р. Печора

1) Пелядь *Coregonus peled* (Gmelin, 1788) (рис. 1)

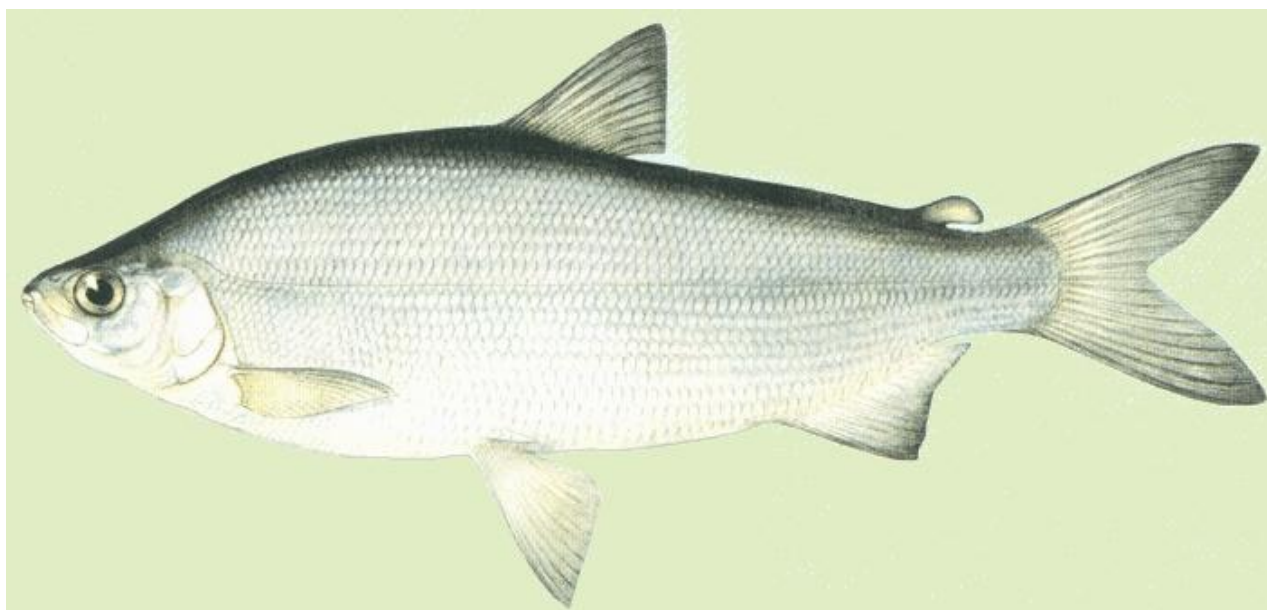


Рис. 1. Пелядь [20]

Систематика:

Царство Животные Animalia

Надтип Хордовые Chordata

Тип Позвоночные Vertebrata

Надкласс Челюстноротые Gnastomata

Настоящие рыбы Pisces

Класс Костные рыбы Osteichthyes

Подкласс Лучеперые Actinopterygii

Группа Костистые Teleostei

Отряд Лососеобразные Salmoniformes

Род Сиги *Coregonus*

Вид Пелядь *Coregonus peled* (Gmelin, 1788) – Решетников, 1980.

Ареал обитания

Пелядь населяет озера и реки от Мезени на западе до Колымы на востоке

(Рис. 2).

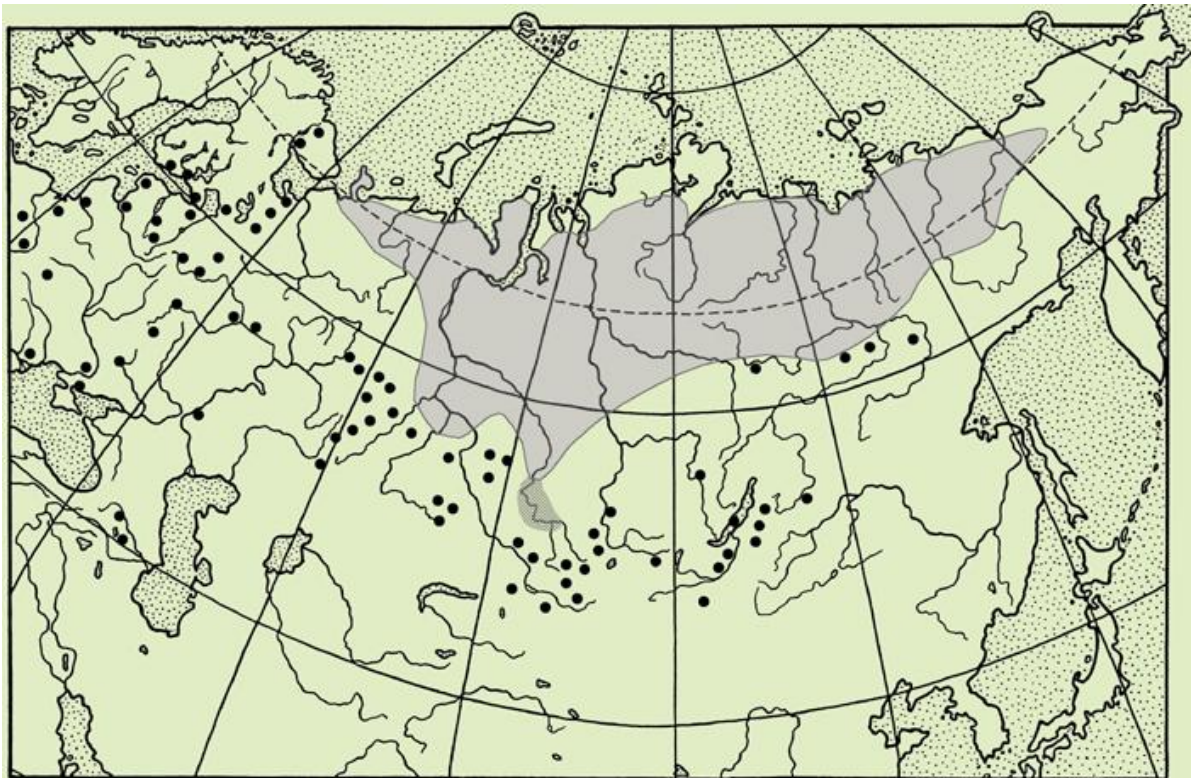


Рис.2. Ареал обитания пеляди [20]

Изредка попадает в солоноватых водах, но обычно в море не выходит и высокой солености не выносит. Поднимается вверх по рекам. Южная граница распространения сибирской озерно-речной пеляди проходит по 60° с. ш., северная по $70 - 73^{\circ}$ с. ш., большей частью северная граница совпадает с морским побережьем и отступает от него в тех случаях, если на побережье нет достаточно глубоких озер с высоким содержанием кислорода в зимнее время (нет заморозов и озера не промерзают до дна). Пелядь населяет преимущественно проточные озера или озера, имеющие связь с рекой. Поэтому при усыхании или ухудшении кислородного режима и при потере проточности многие озера теряют и пелядь.

В европейской части ареала пелядь заселила главным образом Печорский бассейн. В промысловом количестве она распространена в нижнем течении Печоры, до впадения главного притока – р. Уса, выше она малочисленна. Обнаружена пелядь также и в Суле и в её притоке Сойме

Пелядь приобретает промысловое значение в среднем течении Печоры ближе к устью р. Усы, после впадения р. Кожвы, а ещё в большой степени

после впадения р. Лыжи. В этом участке, который сходен по гидрографии с нижним течением Печоры, долина реки изобилует озерами-старичами и курьями (речные заливы и частично отшнуровавшиеся притоки). Пелядь в озерах более многочисленна, чем в прирусловых водоемах [8].

В 1960 – 1970 гг. Севрыбводом и Комирыбводом был проведен учет озерного фонда. Он проводился во всех озерах площадью не менее 10 га. Из 406 учтенных озер с пелядью оказалось 250, или 61%. Наиболее заселенные пелядью озера находятся в дельте Печоры и в долине её притока – р. Куи (90 – 95 % всех озер), наименее заселенные озера – в левых уральских притоках р. Усы (35 – 40%); а в долине реки Усы и её правых тундровых притоках число озер с пелядью вновь возрастает (65 – 80%) [11].

Характерные признаки

Как и у всех сиговых рыб, тело слегка уплощено с боков, в поперечном сечении имеет вид овала. Спинной плавник находится посередине спины, под ним расположены парные брюшные плавники. Грудные плавники сдвинуты вперед и располагаются под задним концом жаберной крышки. Анальный плавник начинается сразу же за анальным отверстием. Жировой плавник располагается сверху по спине, обычно его проекция приходится на конец анального плавника. Хвостовой стебель небольшой, хвост равнолопастной. Тело у пеляди высокое (более 20% длины тела), сразу же за затылком спина круто поднимается вверх.

По сравнению с другими сиговыми рыбами пелядь более темно окрашена. Окраска спины, головы и плавников темная, брюшка и боков – светлая. На голове и по бокам могут быть темные пятнышки, на спинном плавнике масса черных точек в несколько рядов. Во время нереста появляются эпителиальные бугорки («жемчужные органы») более заметные у самцов; спина и голова у затылка могут приобретать бирюзовый цвет.

Рот конечный, верхняя челюсть несколько выдается над нижней, верхнечелюстная кость заходит за вертикаль переднего края глаза. В анальном

плавнике чаще 12 – 16 ветвистых лучей, что обычно больше, чем у других сиговых рыб.

Пелядь достигает 40 – 58 см длины и веса до 2690 г, иногда отмечались особи до 5 – 6 кг. Карликовая пелядь достигает длины 30 см и веса 300 – 400 г.

Формула плавников имеет следующий вид: D III-V 8 – 12, P I 14 – 16, VII (9) 10 – 14, A III – V 12 – 16 (17). Жаберных тычинок 46 – 69, чешуй в боковой линии 76 – 102 (104), пилорических придатков 70 – 170, позвонков 57 – 63 [11].

Структура вида

Структура вида у пеляди сравнительно проста, нет четких подвидов или внутривидовых форм. Хотя в каждом водоеме пелядь способна образовывать локальные стада с явно или неявно выраженными различиями в меристических и пластических признаках.

У пеляди имеются речная форма, озерно-речная и типично озерная, причем последняя может подразделяться на обычную и карликовую.

В реке Печора известны речные, озерно-речные и медленно растущие озерные формы. Считается, что они представляют собой однородную группу. Разведение речной формы пеляди из Печоры в реках и озёрах Архангельской области показало, что в зависимости от мест обитания она способна образовывать типично речную, озерно-речную и типично озерную формы. Наблюдения в природе показали, что карликовая форма пеляди (тугорослая форма, созревающая при меньших размерах – не тождественна карликовости, например, самцов лосося или глубоководных рыб-удильщиков) образуется в небольших озерах Большеземельской тундры при временной их изоляции (из-за обмеления рек). При этом основой для появления карликов обычно служат мигранты крупной пойменно-речной пеляди, заходящей по системе водотоков из Печоры. Будучи изолированной, такая быстрорастущая пелядь замедляет рост и приобретает признаки озерной формы. У пеляди карликовость не является необратимым явлением: пересадка таких рыб в более кормные водоемы приводила к ускоренному росту и изменению формы тела. Однако,

скорее всего, карликовая особь не способна в течение жизни превратиться в быстрорастущую форму, хотя и может увеличить темп роста. Образование быстрорастущей формы пеляди от карликовой происходит в последующих поколениях.

Таким образом, в бассейне Печоры все формы пеляди не имеют генетически закрепленных различий и могут переходить одна в другую. Подтверждением этому служит и тот факт, что быстрорастущая пелядь, пойманная в озерах, по своим экстерьерным признакам практически не отличается от речной пеляди и способна выходить в Печору. Также и речная пелядь может частично оставаться на зимовку в озерах. [11].

Питание

Морфологические особенности строения ротового и жаберного аппарата – конечный рот и обилие жаберных тычинок, - обеспечивают пеляди успешную охоту в толще воды. Чаще всего в пище пеляди преобладают пелагические зоопланктеры и бентосные организмы, представленные стадиями, ведущими планктонный образ жизни.

В озерах: организмы зоопланктона (ветвистоусые и веслоногие ракообразные), бентоса (личинки стрекоз, хирономид, ручейников, мошек, моллюски), воздушные насекомые, водная растительность, рыбы. Преобладание той или иной пищевой группы определяется его массовостью в данном водоеме. Пищевой спектр пеляди значительно различается в разных озерах, этот вид можно классифицировать от «типичного зоопланктофага» до эврифага [11].

В 1950 – 1970-х годах проводились исследования питания пеляди в водоемах Большеземельской тундры. В таёжных озерах в составе пищи были обнаружены как пелагические зоопланктеры, так и беспозвоночные животные, населяющие дно и прибрежные заросли. Так, в пище пеляди из оз. Макарихаты (нижнее течение р. Усы) преобладали ветвистоусые ракообразные, а в озере Большое Гудырье (среднее течение р. Печоры) в желудках рыб наряду с зоопланктерами присутствовали личинки стрекоз.

Разнообразен спектр питания у пеляди из Вашуткиных озёр: ветвистоусые, веслоногие, ракообразные, личинки хирономид, ручейники, мошки, моллюски. Осенью и в начале зимы потребление бентосных форм особенно возрастало.

В пище пеляди пойменных и материковых озер Большеземельской тундры часто доминировали бентосные организмы, особенно личинки хирономид и имаго насекомых. Молодь питалась личинками хирономид. С ростом в пище появлялись крупные объекты: моллюски, ручейники, воздушные насекомые. В отдельных озерах доля потребляемых моллюсков в массе пищевого комка составляла 81%. Остальные группы беспозвоночных, а также рыбы, их икра, фитопланктон, макрофиты, хоть и встречались часто в пищевых трактах, важной роли в питании пеляди не играли. В небольших и мелководных озёрах пелядь кормилась преимущественно ветвистоусыми и веслоногими ракообразными.

В озёрах этого региона отмечено значительное колебание интенсивности питания пеляди в течение вегетационного сезона. Основной откорм приходился на конец июня – июль. Во второй половине сентября (в мелководных озёрах раньше) индексы наполнения желудочно-кишечных трактов рыб резко падали, возрастало количество рыб с пустыми желудками, чаще наблюдалось хищничество. В середине сентября число питавшихся рыб не превышало 25%, а в начале октября (период нереста) у всех исследованных производителей желудки были пустыми [11].

В реках: В Печоре значительное место в пище рыб занимают ветвистоусые ракообразные, особенно дафнии. Часто в реках пелядь поедает личинок хирономид, поденок, ручейников, имаго насекомых, моллюсков. Нередко пелядь питается исключительно ветвистоусыми ракообразными. Однако отмечены случаи яркой эврифагии этого вида. Так, в р. Косью в желудках пеляди были найдены мальки гольяна, личинки хирономид, поденок, водные клещи, наземные насекомые, водоросли [11].

Кроме преобладающих в пище ветвистоусых в корме важную роль играют бентосные организмы. Это связано с явлением дрефта в реках, когда в толще воды появляются и становятся доступными разные формы бентоса. Особенно часто пелядь потребляет личинки и куколки насекомых. Среди объектов питания пеляди можно выделить мелких моллюсков, широко распространенных и доступных для потребления в реках с небольшой глубиной, песчаным дном и высокой прозрачностью воды.

В реках наиболее благоприятные условия питания чаще бывают в середине лета. В это время уровень воды еще достаточно высок и при её прогреве в массе развиваются кормовые организмы. Снижение пищевой активности у речной формы пеляди приходится на осень [11].

Созревание и размножение

Время созревания по всему ареалу очень колеблется – от 2+ при самом раннем созревании до 5+ или 6+ при позднем созревании.

В Нижней Печоре и особенно в озерах Большеземельской тундры созревание пеляди в возрасте 2+ следует рассматривать как явление довольно редкое. Самое раннее половое созревание отмечено на пятом году жизни при достижении длины 267 мм и веса около 247 г на Харбейских озерах. В массе же пелядь из Вашуткиных озер (Большеземельская тундра) созревает на пятом-шестом году жизни при длине около 30 см и весе более 300 г.

Карликовая пелядь в Печоре становится половозрелой при длине 185 – 200 мм и массе 80 – 100 г.

По сравнению с самками самцов отмечается позднее формирование воспроизводительной системы.

Пелядь, как и другие сиговые с осенне-зимним нерестом, откладывает икру на плотный песчаный, песчано-галечный либо каменистый грунт на глубинах 1,2 – 4 м. Такой субстрат преобладает на нерестилищах речной пеляди в верхних притоках рек Печоры.

Нерест озерной пеляди начинается в ноябре и продолжается без видимых перерывов в течение 1,5 – 2 мес. до конца декабря. Икрометание речной пеляди начинается в октябре и проходит в сжатые сроки до начала ноября.

Размножение происходит при температуре 1,5 – 3,0°C.

На рыбоводных заводах установлено, что наименьший отход икры сиговых рыб в инкубационных аппаратах Вейса бывает при температуре воды 0,2 – 0,8°C и при содержании кислорода 9 – 12 мг/л.

Икра мелкая, от 1,3 до 1,5 мм в диаметре, желтоватого цвета.

Абсолютная плодовитость связана с весом, размером и возрастом рыб. По всем ареалу плодовитость особей различается от 3,6 тыс. икринок (Мастахская группа озер, Якутия) до 184,9 тыс. (р. Печора).

Икра пеляди плохо реагирует на повышенную минерализацию воды и увеличение рН. Она может полностью погибнуть при завышении в воде этих показателей. Оптимальный рН – 6,5 – 6,9. Вода должна быть слабоминерализованной. Также известно, что наиболее угнетающими являются воды, где ионы магния преобладают над ионами кальция [11].

Развитие икры и личинок пеляди

Клейкость оболочек икры пеляди при набухании высокая и сохраняется до 10 ч. Прочность яйцевых оболочек на раздавливание достигает 1 кг.

Этапы эмбрионального периода:

Первый этап – образование перивителлинового пространства и зародышевого диска – длится 40 ч (Рис. 3 А,Б).

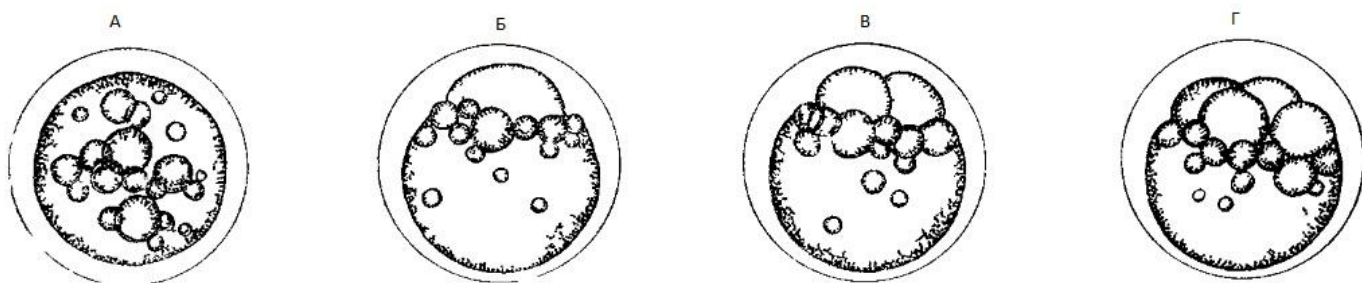


Рис. 3. А – оплодотворенная набухшая икринка, Б – образование бластодиска, В – две бластомеры, Г – четыре бластомеры [11]

Второй этап – дробление зародышевого диска – наступает на вторые сутки развития и продолжается до 9 сут (Рис. 3 В,Г; Рис 4 А,Б,В).

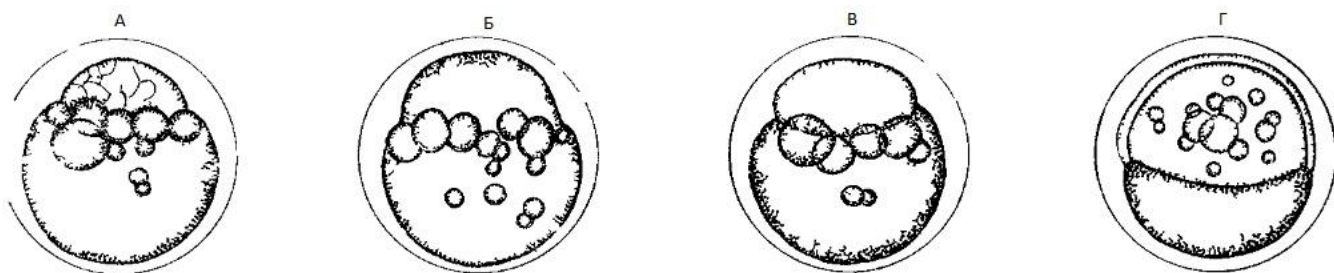


Рис. 4. А – морула крупных клеток, Б – морула мелких клеток, В – бластула, Г – начало обрастания желтка [11]

Третий этап – гаструляция – наступает на 10 – 11-е сутки и продолжается до 7 сут (Рис. 4 Г)

Четвертый этап – образование зародышевого валика и появление зачатков органов – длится 10 сут. (Рис. 5 А, Б,)

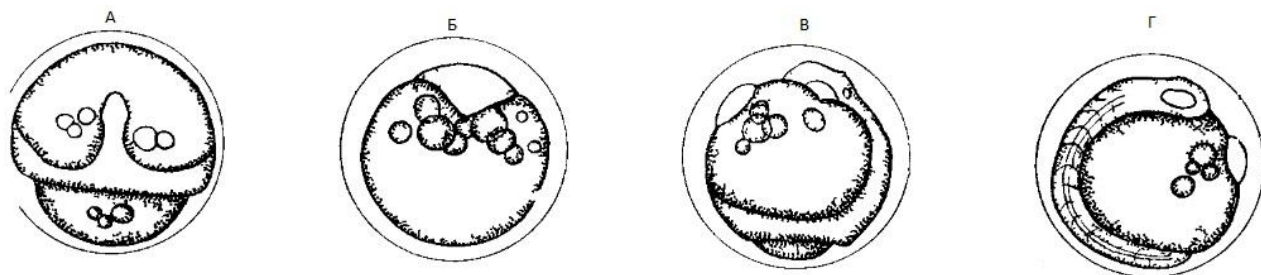


Рис. 5 А. – образование головного конца тела зародыша, Б – образование зародышевого валика, В – замыкание желточной пробки, Г – начало роста хвоста. [11]

Пятый этап – замыкание желточной пробки и отделение зачатка хвостового отдела – длится до 6 сут. (Рис. № 5 В,Г ; Рис. 6 А)

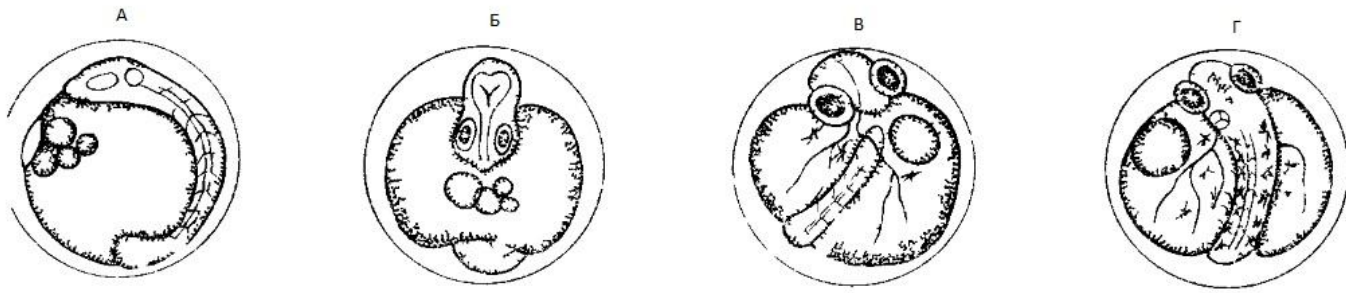


Рис. 6. А – рост хвоста, Б – начало пульсации сердца, В – пигментация глаз, Г – пигментация тела. [11]

Шестой этап – пигментация глаз и начало пульсации сердца – начинается на 33-е сутки и продолжается до 7 сут. (Рис. 6 Б,В,Г)

Седьмой этап – вылупление – длится до 60 сут.

Далее следует личиночный период.

У всех представителей рода сиговых выделяется 5 этапов [2]:

Первый этап – эндогенное питание – от выклева личинки до начала внешнего питания (Рис. 7 А)

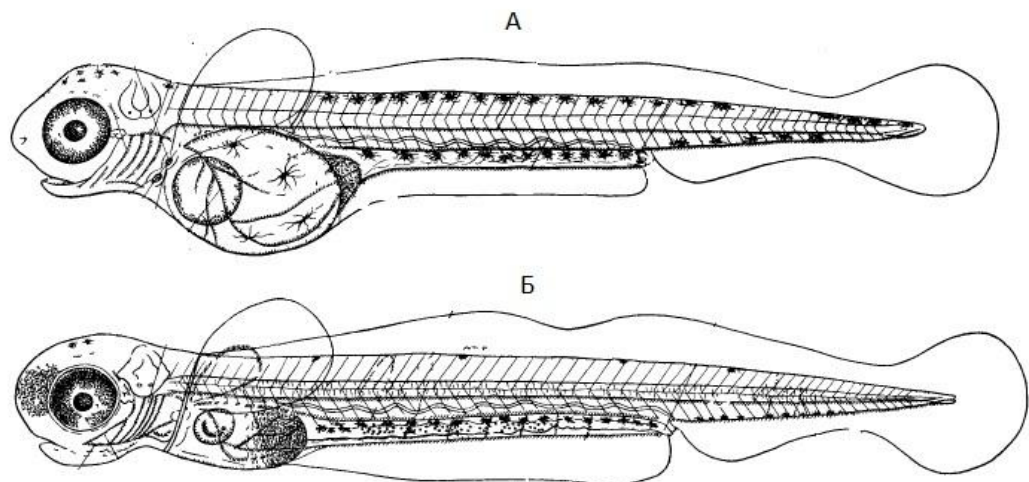


Рис. 7. А– после выклева, Б – этап смешанного питания [11]

Второй этап – смешанное питание – начинается с активного питания и заканчивается полной резорбцией желтка (Рис. 7 Б). Нет значительных отличий в морфологии по сравнению с I этапом.

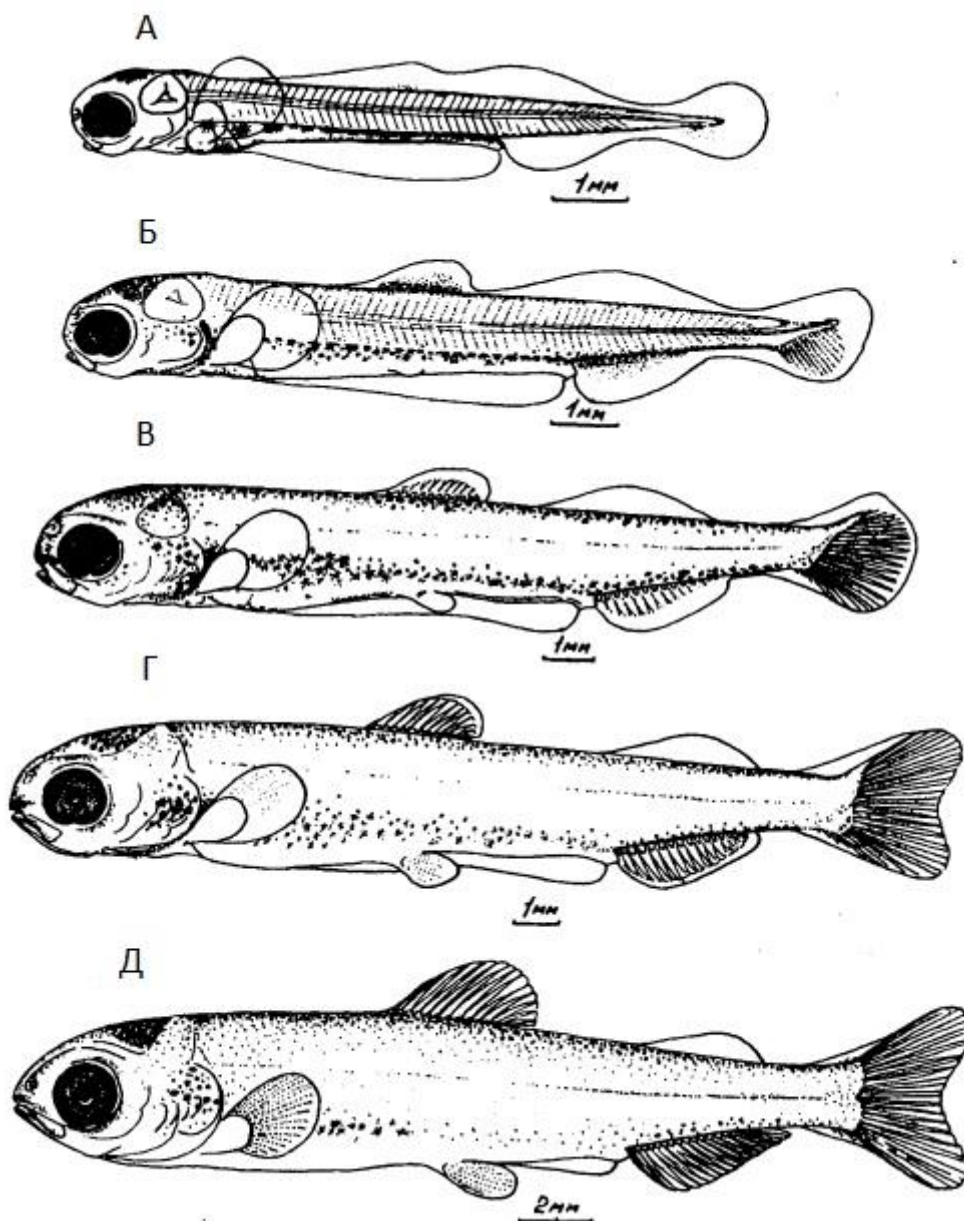


Рис. 8. Личиночное развитие пеляди до длины около 25 мм.
[2]

Третий этап – полное экзогенное питание – этап проходит от резорбции желточного мешка до того, как образуются зачатки лучей непарных плавников и полностью разделяются плавниковые складки на спинной и жировой отделы. В середине этапа исчезает жировая капля.

На *четвертом этапе* происходит дифференциация непарных плавников. Начиная с появления лучей в спинном, анальном и хвостовом плавниках и заканчивая выходом их за края каймы. Также на этом этапе тело личинки покрывается иридоцитами, содержащими гуанин, который обуславливает серебристую окраску.

На последнем, *пятом этапе*, проходит дефинитивное формирование (Рис. 8 Д) В это время формируются лучи во всех плавниках, появляется чешуя и исчезает прианальная плавниковая складка. Личинка начинает иметь черты взрослой рыбы. Этот этап переходит в мальковый период. Средняя длина личинки пеляди на V этапе – 25,6 мм [11].

Продолжительность эмбриогенеза в природных условиях – 150 -170 сут. Диапазон температуры эмбриогенеза в норме равен 1,5 – 5°C.

Критические периоды: оплодотворение, начало формирования эмбриона, образование хвостовой почки и отделение хвоста, начало пигментации глаз, вылупление.

Один из самых ответственных моментов в жизни личинок – переход от эндогенного питания к экзогенному.

Болезни пеляди

Язвенная, или бугорковая, болезнь лососевых (вызвана микроспоридиями) – спорадические случаи поражения отдельных особей пеляди.

Шишечная болезнь (вызвана также микроспоридиями) – болезнь карповых, в отдельных случаях может распространяться на сиговых.

Хилодонеллез (возбудитель – инфузория) – у пеляди бывают редкие вспышки этой болезни.

Ихтиофтириоз (возбудитель – инфузория) – вспышки заболевания отмечены при совместном выращивании с зараженными болезнью другими видами рыб.

Триходинеллез и триходиниоз (возбудители – инфузории) – 12 видов инфузорий из родов *Trichodina* и *Trichodinella* паразитируют на жабрах пеляди.

Эти виды переходят к паразитированию на пелядь с местных или других видов разводимых рыб.

Тетраонхоз сиговых рыб (заболевание вызывают моногенетические сосальщики) – сосальщики паразитируют на жабрах. Вспышка заболевания была в 1973 году в реках Сынь и Войкар. Заражение рыб, вероятно, происходило в летний период в местах нагула.

Ихтиокотилуроз (тетракотилез) лососевых (возбудитель – паразитирующие на сердце и в почках метацеркарии трематод) – заболевание широко распространено среди пеляди Оби, Енисея, Печоры. Пелядь – промежуточный хозяин

Диплостомозы (возбудители – церкарии и метацеркарии трематод рода *Diplostomum*) Пелядь также выступает в роли промежуточного хозяина паразита, обитающего в хрусталиках, донной части глаза, головном и спинном мозге. Рыбы слепнут от этого заболевания.

Протоцефалез сиговых (возбудитель – цестода, паразитирующая в пилорических придатках и кишечнике сиговых). Пелядь – промежуточный хозяин. Паразит широко распространен у пеляди в пределах ее естественного ареала.

Эргазилез (возбудитель – самки паразитических рачков рода *Ergasilus*). Паразитируют на жабрах

Лернеоз (Заболевание вызывают самки паразитических рачков рода *Lernaea*). Рачки у пораженной пеляди чаще всего прикреплялись у основания плавников, на челюстях и у анального отверстия.

Аргулез (возбудитель – паразитические рачки рода *Argulus*). Хоботком аргулюсы прокалывают кожу и питаются кровью рыб [11].

2) Сиг - *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758) (Рис. 9)

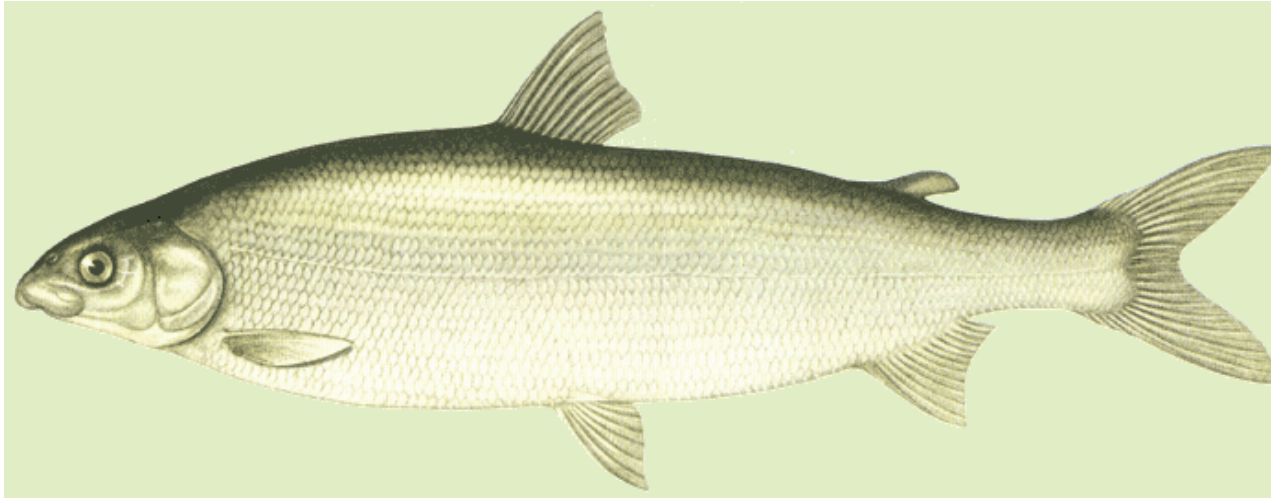


Рис. 9. Сиг [20].

Систематика

Царство Животные Animalia

Надтип Хордовые Chordata

Тип Позвоночные Vertebrata

Надкласс Челюстноротые Gnathostomata

Настоящие рыбы Pisces

Класс Костные рыбы Osteichthyes

Подкласс Лучеперые Actinopterygii

Группа Костистые Teleostei

Отряд Лососеобразные Salmoniformes

Род Сиги *Coregonus*

Вид *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758) Gmelin, 1788.

Ареал обитания

Сиг имеет циркумполярное распространение, он населяет водоемы Англии, Швеции, Финляндии, Норвегии, Дании и других стран бассейна Балтийского моря. Обитает почти во всех водоемах бассейна Северного Ледовитого океана от Баренцева и Белого морей до Чукотки (Рис.10)



Рис. 10. Ареал обитания сига [20].

В море далеко не уходит и придерживается опресненных участков, сиг часто встречается в восточной части Баренцева моря и особенно у островов Карского моря. В Балтике часто встречается в Рижском, Финском и Ботническом заливах. На Американском континенте сиг отмечен в водах Аляски и Канады, близкая форма *C. clupeiformis* обитает во многих водоемах Северной Америки.

Характерные признаки

В целом, для сига сложно выделять *характерные признаки*, по причине его высокой морфологической пластичности.

Этот вид относится к группе сиговых с нижним ртом. Однако положение рта может меняться от типично нижнего до почти конечного. Зачастую есть хорошо выраженная рыльная площадка; её высота меньше ширины.

Формула плавников D III – V 9 – 13, P I 14 – 15, V II 10 – 11, A III – IV 9 – 14. Жаберных тычинок 15 – 64, чешуй в боковой линии 69 – 109, позвонков 58 – 65, пилорических придатков 90 – 280.

Окраска стандартная для сиговых: Тело серебристого цвета, спинка темная. Плавники также могут быть темными, а иногда даже черными. Брачный наряд в виде эпителиальных бугорков ярче проявляется у самцов.

Длина сигов – от 10 – 15 см у небольших особей и до 30 – 60 см у крупных. Часто достигают больших размеров полупроходные и озерные сиги (до 68 см и весом около 1 – 2 кг). Известный весовой максимум – 12 кг.

Структура вида

Как отмечалось ранее, сиг – очень изменчивый вид и в основном это выражается в количестве тычинок в жабрах. В зависимости от этого признака выделяют малотычинковых и многотычинковых сигов.

В Печоре обитает малотычинковый подвид сиг – пыжьян (*Coregonus lavaretus pidschian* [Gmelin](#), 1788)[15]. В этом исследовании Р. Е. Чистобаевой выделяются две группы сига-пыжьяна – *полупроходная* и *жилая*.

Н.К. Протопопов выделил у полупроходного печорского пыжьяна 4 экологические группы [10]:

- Сульскую (нагуливается в оз. Голодная губа, нерестится в р. Суле);
- Пижемскую (нагуливается в Коровинской губе, нерестится в р. Пижме);
- Ижемскую (нагуливается в Печорском заливе, нерестится в р. Ижме и в Печоре выше устья Ижмы);
- Усинскую (нагуливается в р. Усе и на приусинском участке Печоры, нерестится в р. Усе)

Питание

Нижнее расположение рта и относительно небольшое количество жаберных тычинок (до 24 на первой жаберной дуге) способствуют питанию бентосными организмами. Состав пищи и годовой ход питания пыжьяна определяются сезонными и локальными изменениями кормовой базы по составу и численности компонентов.

Основными пищевыми объектами пыжьяна являются бентические и нектобентические организмы. Но пыжьяну, как и другим сиговым, свойственна

возрастная изменчивость в питании. Молодь на первом году жизни потребляет планктонный корм. Взрослый пыжьян предпочитает преимущественно моллюсков, личинок хирономид, амфипод. Также было отмечено поедание пыжьяном молоди других рыб, в частности колюшки.

Важной особенностью пыжьяна является то, что он не прекращает питаться и в зимний период, несмотря на сокращение числа пищевых компонентов [3].

Пищевая ценность пыжьяна

Содержание жира в мышцах пыжьяна – от 4,4 до 7,0 %. Еще больше жира на внутренностях рыбы – 13,4 % весной и 26,0% летом, что свидетельствует о высоких пищевых качествах пыжьяна [2]

Созревание и размножение

Сроки наступления половой зрелости у пыжьяна от 3+ (обский полупроходной пыжьян) до 7+ (байкальский пыжьян). Основу нерестовых стад составляют особи 5+ - 6+.

Считается, что у полупроходных сигов икрометание происходит до ледостава, у жилых – чаще после ледостава.

На основании наблюдений за изменениями сроков нереста по годам сделан вывод, что колебания сроков определяются не столько температурой воды, сколько физиологическим состоянием рыбы, которое зависит от её питания в преднерестовый период. Оптимальные условия питания сокращают сроки нереста, потому что созревание завершается раньше.

Пыжьян нерестится на песчаных и галечно-каменистых грунтах на глубине от 0,5 до 2 м, при температуре 4°C и ниже. Нерест не растягивается больше, чем на две недели, что очень важно для искусственного разведения.

Набухшая оплодотворенная икра интенсивно-желтого цвета диаметром 2,2 мм.

Плодовитость пыжьяна колеблется от 11,3 до 120 тыс. шт. [2]

Развитие икры и личинок сига-пыжьяна

Этапы эмбрионального развития:

На *первом этапе* происходит образование бластодиска и перивителлинового пространства. При средней температуре воды $2,4^{\circ}\text{C}$ этап продолжается 16 часов.

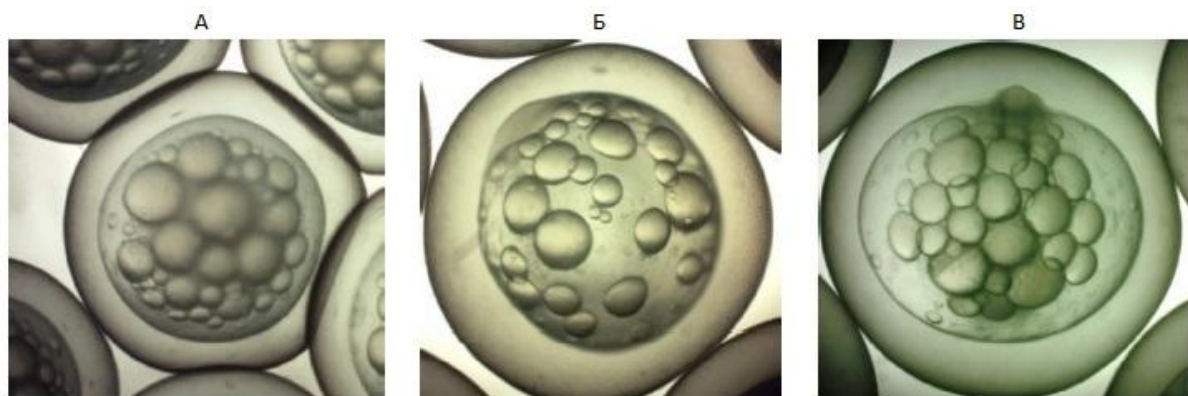


Рис. 11. А – образование бластулы, Б – этап гастрюляции, В – образование зародышевого валика [16].

На *втором этапе* развития происходит дробление бластодиска (Рис. 11 А). При средней температуре воды $2,8^{\circ}\text{C}$ этап длится с 16 часов после оплодотворения до возраста зародыша 8 суток.

На *третьем этапе* происходит гастрюляция (Рис. 11 Б). При средней температуре воды $2,6^{\circ}\text{C}$, этап длится с 9-х по 14-е сутки.

Четвертый этап развития – органогенез, образование зародышевого валика, закладка головного и туловищного зачатков (Рис. 11 В; Рис 12 А). В это время формируются основные органы зародыша: хорда, нервная трубка, мускулатура. При средней температуре воды $2,5^{\circ}\text{C}$ он продолжается с 15-х по 26-е сутки.

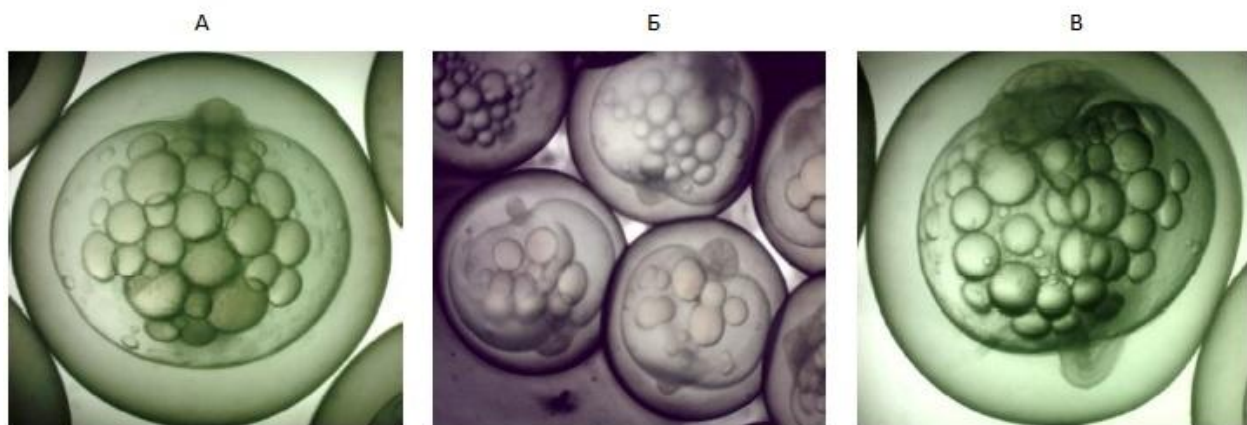


Рис. 12. А – образование зародышевого валика, Б, В – замыкание желточной пробки [16].

На *пятом этапе* происходит отчленение туловищно-хвостового и головного отделов от поверхности желтка (Рис 12 Б,В; Рис 13 А). Этап начинается с отделения хвостовой почки от желтка и заканчивается с появлением на теле зародыша меланофоров. При средней температуре воды 2,7°С длится с 27-го по 41-й день.

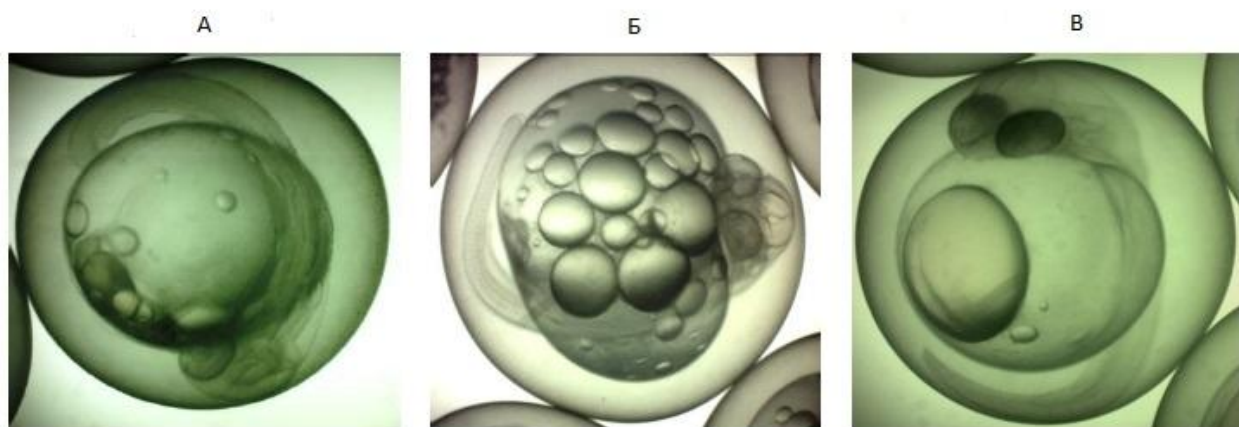


Рис. 13. А – замыкание желточной пробки, Б, В – пигментация глаз и начало пульсации сердца [16].

На *шестом этапе* происходит формирование системы сосудов и начало кровообращения (Рис 13 Б, В; Рис 14 А, Б, В). Происходит образование ротовой воронки, кишки, грудных плавников. При средней температуре воды 2,4°С этап длится с 42-х по 61-е сутки.

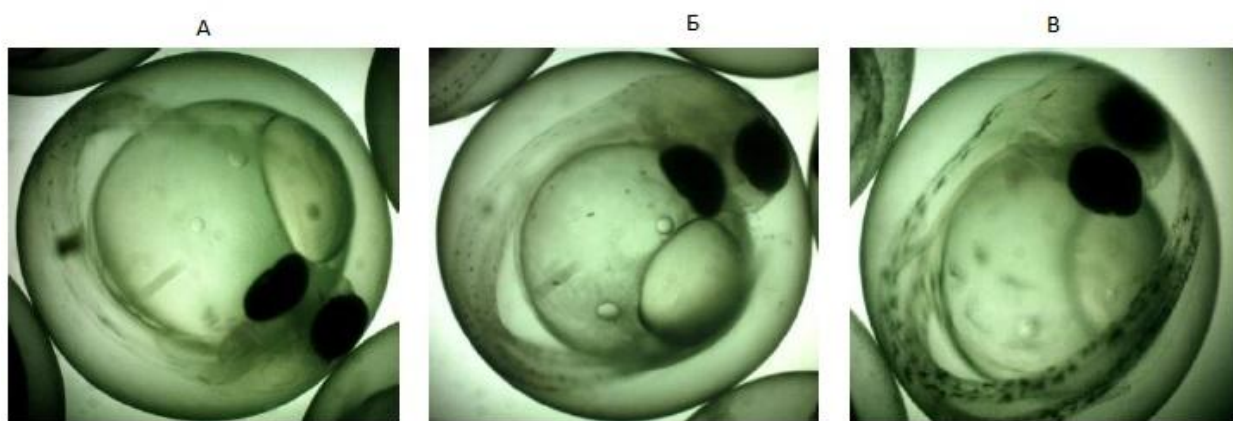


Рис. 14. А, Б, В – пигментация глаз и начало пульсации сердца [16].

Седьмой этап характеризуется появлением жаберного кровообращения, обособлением челюстей, ростом жаберных крышек, образованием роговицы, заканчивается формированием на жаберных дугах жаберных лепестков (Рис 13 Б, В; Рис 14 А, Б, В). При средней температуре воды 2,2°С этап длится с 62-х по 87-е сутки.

Последний *восьмой этап* развития начинается с появления первых жаберных лепестков на жаберных дугах и заканчивается выклевом личинок (Рис. 15 А,Б). При средней температуре воды 4,4°С этап продолжается с 88-х по 135-е сутки [4,16].

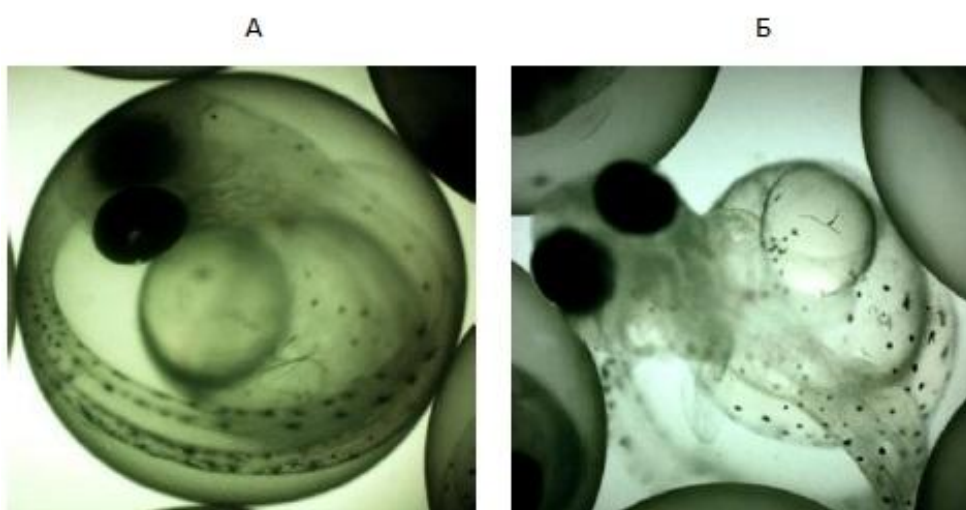


Рис. 15. А – начало выклева, Б – конец выклева [16].

Общая картина личиночного развития для рода сиговых представлена в описании пеляди.

Критические периоды: оплодотворение, начало формирования эмбриона, образование хвостовой почки и отделение хвоста, начало пигментации глаз, вылупление.

Один из самых ответственных моментов в жизни личинок – переход от эндогенного питания к экзогенному [4,16].

3) Также в Печоре обитают другие виды сиговых: омуль, чир, ряпушка и нельма. Однако вопрос об их воспроизводстве не рассматривается в данной работе, поэтому описание этих видов рыб подробно рассмотрено не будет.

2. Современное состояние популяций сиговых рыб в бассейне р.

Печора.

Антропогенное воздействие на Печорский бассейн повлияло на представителей сиговых, обитающих там. Комплексное загрязнение выразилось в следующем [9]:

- Ухудшились условия естественного воспроизводства в притоках Печоры (р. Уса);
- Оказано негативное воздействие на миграционные пути проходных и полупроходных рыб из рода сиговые.
- Численность сиговых изменилась, а их запасы сократились.
- Также ухудшилось физиологическое состояние и увеличилось число патологий

Ухудшение условий естественного воспроизводства

Наиболее важные нерестилища сиговых расположены в Печорском притоке Уса. Они попадают в зону Усинского нефтяного месторождения. Многочисленные аварии, сбросы нефти перекрывают сиговым путь к нерестовым участкам.

Один из самых ярких примеров воздействия нефтедобывающей промышленности в Печорском бассейне на сиговых – авария в 1994 году на нефтепроводе Возей-Головных сооружений. После этого 3 года подряд отмечалось очень низкое заполнение нерестилищ производителей сиговых рыб. Их нерестовую миграцию блокировало нефтяное загрязнение. В течение нескольких лет после аварии большое количество сигов мигрировало не в Усу, а в другие реки. Такие как Цильма, Пижма, Сула. Однако эти притоки Печоры не могли обеспечить сигам в должной степени замену нерестилищам Усы. Поэтому такой нерест в нетрадиционных местах размножения вряд ли был высокоэффективным.

В последующие за аварией годы, 1995 и 1996, наблюдалось сокращение количества полупроходных и проходных сиговых в 20 – 30 раз. Это привело к снижению количества производителей, которые скатываются с мест нереста, и

уменьшению их численности на нагульных площадях в низовье р. Печора.

Влияние на миграционные пути проходных рыб.

Нефтедобывающая деятельность на Приразломном нефтяном месторождении связана с негативным воздействием на миграционные пути проходных сиговых (омуль) и на места нагула полупроходных (сиг, ряпушка, чир, нельма, пелядь).

Существует несколько факторов в работе нефтедобывающей промышленности, влияющих непосредственно на миграционные пути сиговых рыб. К ним относятся: 1) выемка и перенос грунтов; 2) взмучивание воды; 3) шумовое и электромагнитное воздействие; 4) попадание в морскую среду продуктов коррозии технических элементов; 5) загрязнение вод топливом и горюче-смазочными материалами сплав средств; 6) залповое попадание в морскую среду большого количества сырой нефти при аварийных ситуациях [9].

Сокращение численности и ухудшение состояния промысла

Численность нерестовых стад в нижнем течении Печоры с 1970-х годов по 1990-е сократилась со 180 тыс. шт. до 60 – 65 тыс. шт. В настоящее время относительная численность нерестовых стад составляет около 50 – 60 тыс. экземпляров [9].

Снижение нерестовых стад не могло не сказаться и на промысле. На рис.20 показано снижение выловов сиговых по десятилетиям.

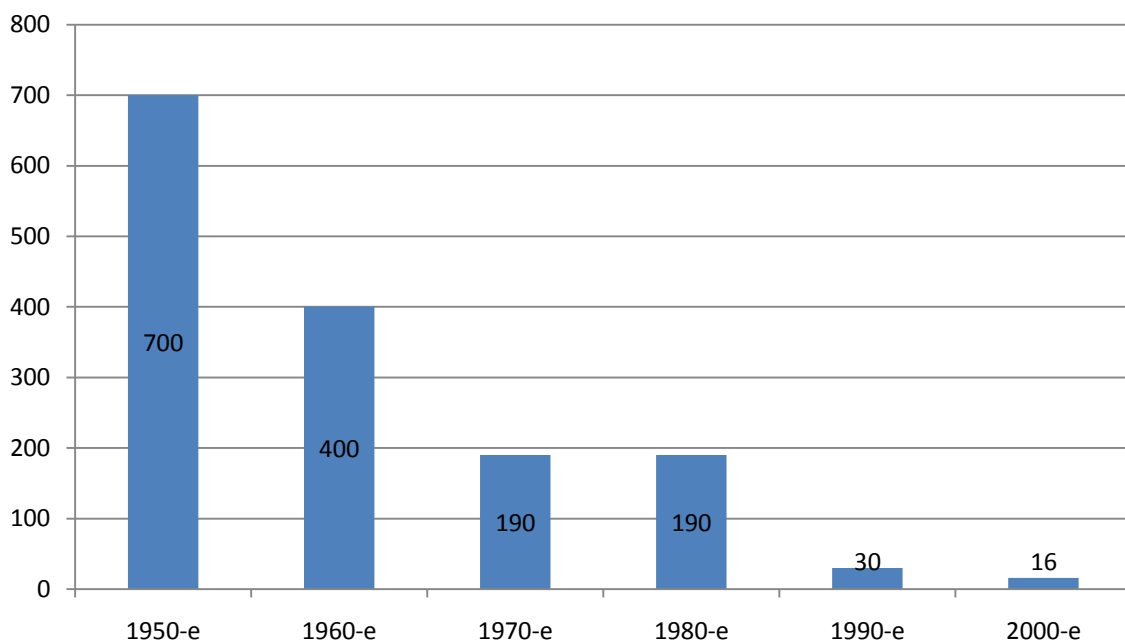


Рис.16. динамика вылова сиговых в Печоре, тонн [9]

Снижалась также общая доля сиговых в уловах (рис. 23)

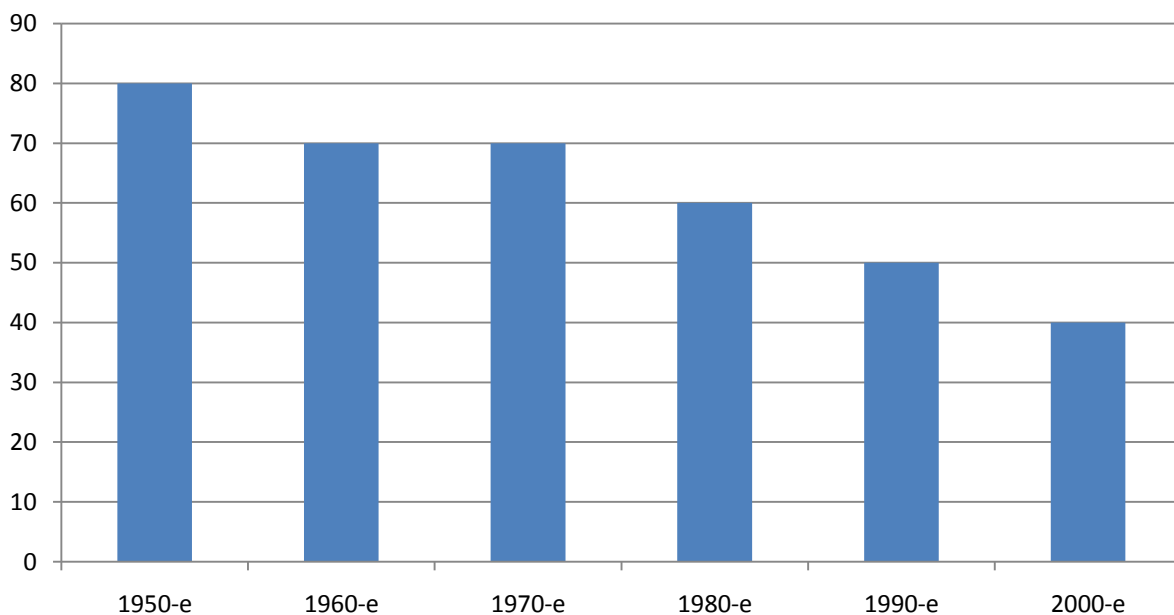


Рис. 17. динамика снижения доли сиговых в уловах, %

Ухудшение физиологического состояние и увеличение числа патологий

Отмечено, что у ряпушки по сравнению с 1980-ми годами в 3 раза выросло количество особей больных дифиллоботриозом, в 8 раз с заболеванием

тетракотилёзом. Большая зараженность плероцеркоидами и метацеркариями отмечается у сига [9].

У ряпушки также отмечен рост количества особей с отклонениями в органах воспроизводства.

В 1990-х годах среди патологий сиговых отмечаются отеки, кровоизлияния в функционально важных органах, экссудаты, изменения в стенках кровеносных сосудов. Эти патологии и заболевания, симптомами которых они являются, вызваны накапливающимися в органах рыб нефтепродуктами и тяжелыми металлами, изменяющими обмен веществ [9].

3. Общая географическая и экологическая характеристика места расположения рыбоводного завода.

Низовья Печоры, в том числе её приток Сула, находятся в зоне субарктического климата.

В районе с. Коткино, рядом с которым предполагается строительство завода, средняя годовая температура воздуха – 2,4°C. Июль – самый теплый месяц года. Июльская температура в среднем 13.9°C. Самая низкая температура в январе. Она составляет -17.2°C.

Среднее количество осадков в год составляет 464 мм. Самый сухой месяц – февраль, выпадает 24 мм осадков. Наибольшее количество осадков выпадает в Августе – 62 мм [17].

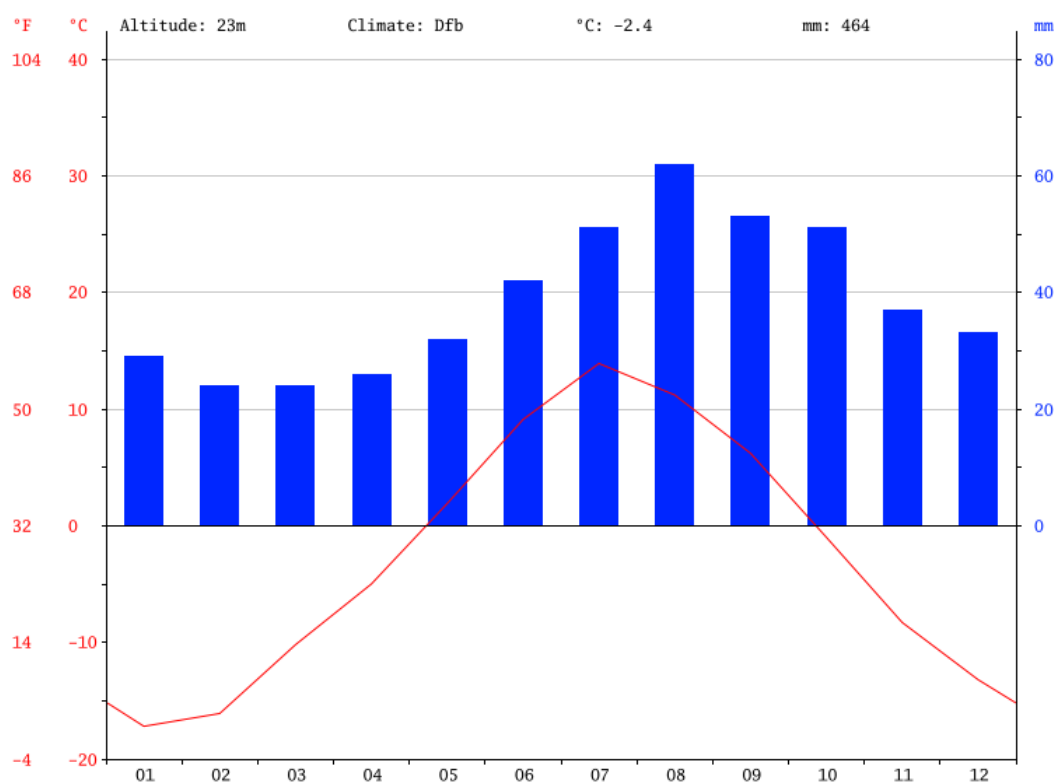


Рис. 18. Климатический график, основанный на измерениях в с. Коткино[17].

3.1. Водный режим Печоры и её притока Сулы.

Печора - река на севере европейской части России (рис. 2).

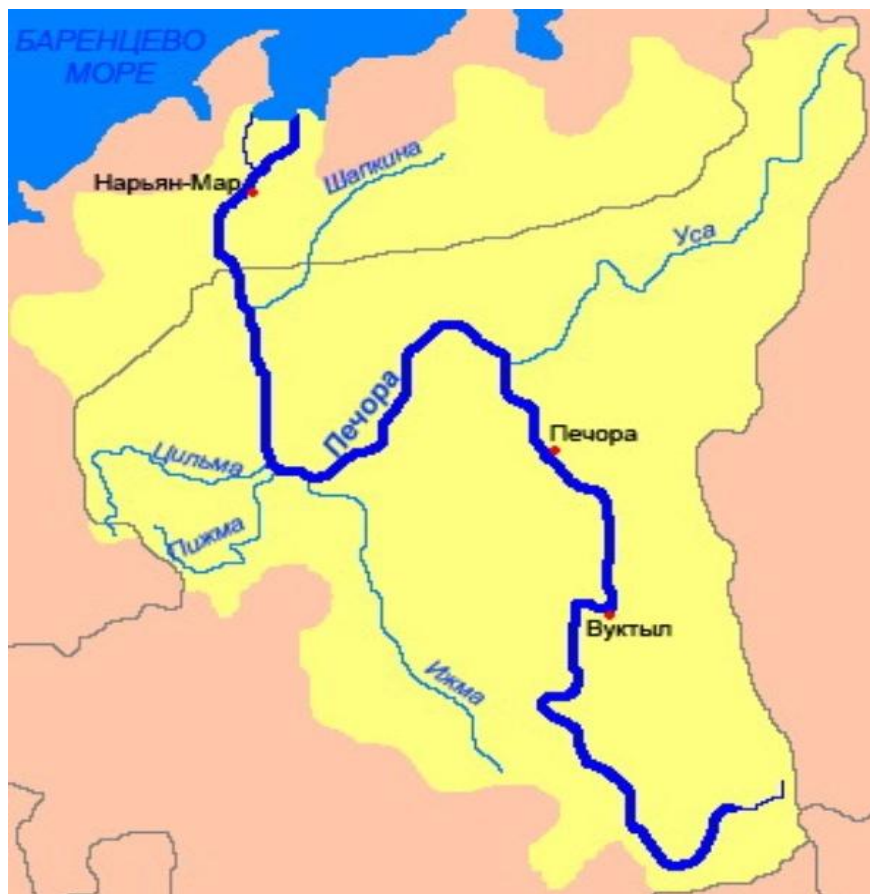


Рис. 19. Река Печора [19]

Она берёт свое начало на Северном Урале, течёт по Печорской низменности. Впадает в Печорскую губу Баренцева моря. Длина реки – 1809 км. Площадь бассейна – 322 тыс. км². По площади бассейна Печора является крупнейшей рекой Республики Коми и Ненецкого автономного округа, занимает 12-е место в России.

Принадлежит к восточноевропейскому типу водного режима. Среднегодовой расход воды в верхнем течении на гидрологическом посту Якша составляет 148 м³/с [18].

Более подробную характеристику необходимо дать одному из притоков Печоры, где выбрано место для рыбоводного завода.

Река Сула, на которой планируется строительство рыбоводного завода, является шестым по величине притоком Печоры (Рис. 3).

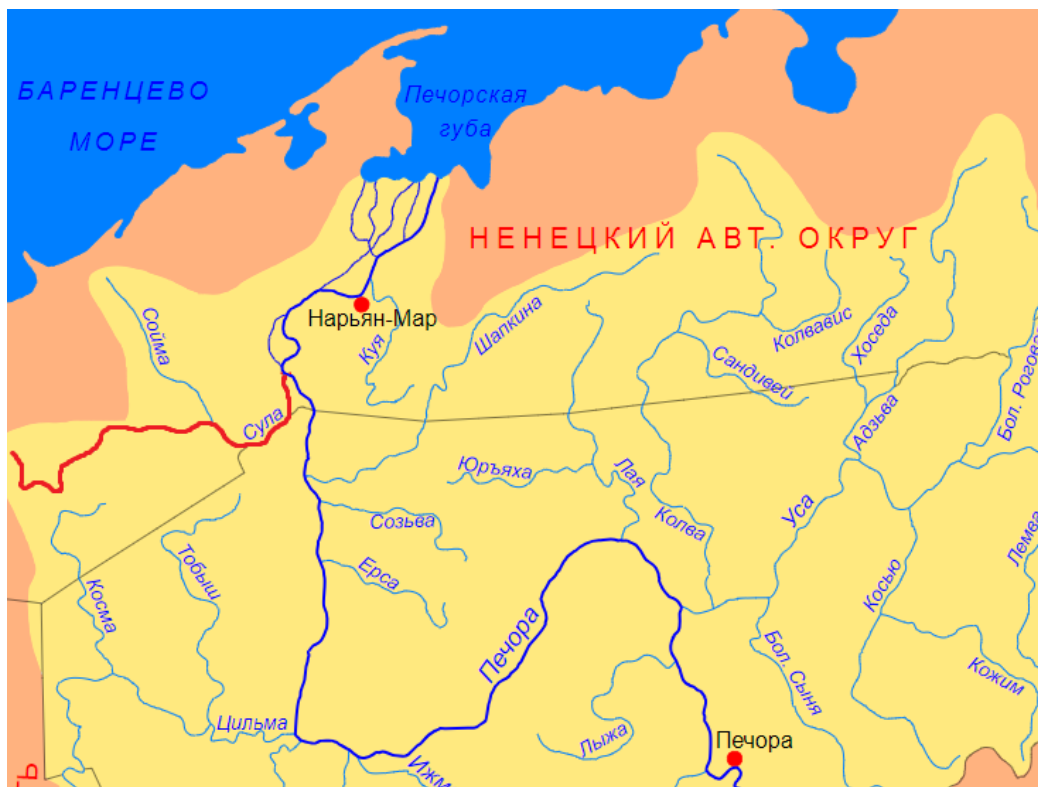


Рис. 20. Приток Печоры - р. Сула [21]

Бассейн реки находится в зоне сурового климата, островного распространения многолетней мерзлоты. Большую часть бассейна занимает тундра и лесотундра. Она берёт начало на возвышенности Косминский Камень, относящейся к Тиманскому кряжу (хребту). Устье реки расположено на левом берегу Печоры (188 км от устья самой Печоры). Её длина – 353 км. Водосборная площадь Сулы – 10400 км² [14].

Долина Сулы в верхнем и среднем течении узкая, а русло порожи́стое. Самый большой порог – водопад Падун. Ниже водопада и до впадения р. Щучьей (195 км от устья) берега Сулы высокие, сложены известняком. Крупнейшие притоки – р. Щучья, Сойма (левые); Большая Пула, Большая Янгыта (правые) [18].

Река имеет восточноевропейский тип водного режима. Питание – снеговое и дождевое. Половодье происходит в мае – июне, а паводки летом. В 101 км от устья среднегодовой расход воды около 92 м³/с. В самом устье - 113

м³/с. Среднеголетний речной сток – 3,57 км³/год. Замерзает Сула в октябре – ноябре. На плёсах толщина льда достигает 70 см, в суровые годы – до 1 м. На перекатах лёд тоньше. Вскрывается ото льда в мае – начале июня [18].

Мутность воды меньше 25 г/м³. По химическому составу вода относится к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе; по качеству соответствует слабо загрязнённой.

Река судоходна от устья до пос. Коткино.

Термический режим водоема

Температура воды в Печоре и в Суле в июне 4 – 6°С. В июле вода нагревается до температуры 14 – 16°С. Максимум в этом месяце – 20 – 23°С у поверхности. В августе температура воды опускается до 10 – 13°С, а в сентябре до 6 – 7°С. Осенью, в октябре – ноябре температура воды опускается до своего минимума, наблюдается переход температуры воды через 0,2°С.

3.2. Экологическое состояние р. Печора.

В 2016 году вода по комплексной оценке её качества в протоке Городецкий Шар у г. Нарьян-Мар оценивалась 4 классом, разряда «б» и характеризовалось как «грязная».

Многие показатели значительно превышали ПДК. Например, среднегодовое содержание железа наблюдалось на уровне 9 ПДК (Рис. 4) [13].

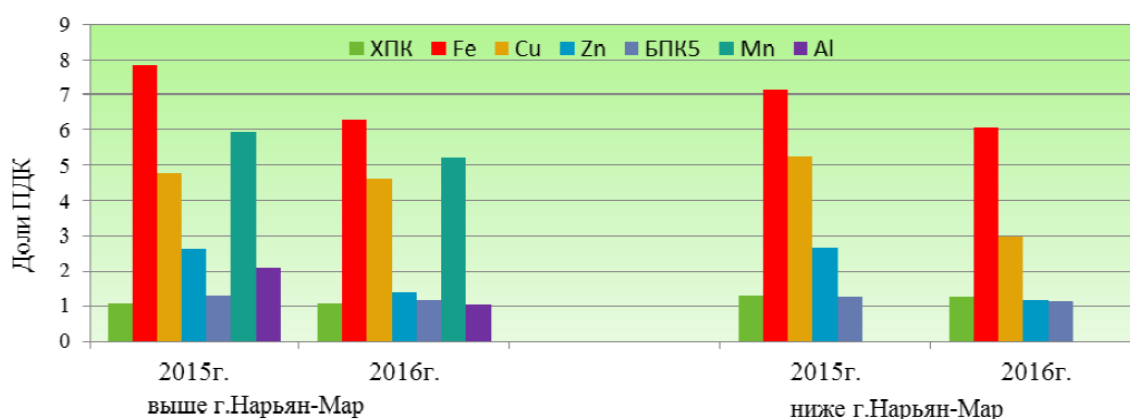


Рис. 21. Среднегодовые концентрации характерных загрязняющих веществ на устьевом участке р. Печора в 2015-2016 гг.[13]

4. Место для строительства рыбоводного завода.

Выбор места должен удовлетворять следующим требованиям[8]:

- Должна быть обеспечена гарантия качества воды, удовлетворяющей рыбоводным требованиям в течение всего рыбоводного цикла
- Необходимо, чтобы завод располагался в непосредственной близости от мест естественного нереста разводимых видов, или, если возможно, был организован временный рыбоводный пункт по отбору производителей и оплодотворению икры.
- Следует учитывать привязку к населенному пункту, имеющему подъездные пути, электроэнергию, материально-технические и людские ресурсы.

Анализ вод реки Сулы показал, что состояние её вод вполне удовлетворяет рыбоводным требованиям, поскольку воды реки в целом не имеют примесей токсичных веществ. Важно также наличие на Суле большого села Коткино, расположенного на километр ниже впадения в Сулу реки Соймы.

Однако при выборе рыбоводной площадки в бассейне реки Сулы следует иметь в виду, что не все участки реки равнозначны по гидрохимическим условиям. Как свидетельствуют данные гидрохимического анализа, до впадения в реку Сулу реки Соймы качество вод первой вполне удовлетворительное. Воды же реки Соймы далеки от рыбоводных норм по большинству химических показателей. Они обогащены органическими веществами, содержат повышенное количество железа и взвесей. Ниже впадения реки Соймы сульские воды значительно разбавляются болотными водами, что существенно снижает их качество. Таким образом, завод лучше проектировать выше впадения в Сулу её притока[8].

При размещении рыбоводного завода в бассейне реки Сулы возможны два варианта получения оплодотворенной икры для дальнейшей инкубации:

- Заготовка зрелых производителей пеляди и сига-пыжьяна на

миграционных путях с транспортировкой в район рыбоводного завода и дальнейшем выдерживанием их до стадии текучести половых продуктов.

- Создание временных рыбоводных пунктов по отлову производителей на местах естественного нереста с использованием экологического метода сбора оплодотворенной икры.

5. Биотехника искусственного воспроизводства сига-пыжьяна и пеляди в р. Сула.

Рыбоводно-технологический цикл сига-пыжьяна состоит из следующих основных этапов [12,16]:

1. Заготовка производителей, включающая их отлов на путях миграций, транспортировку, отсадку и выдерживание на рыбоводном заводе или временном рыбоводном пункте.
2. Сбор и обесклеивание икры
3. Инкубация икры
4. Получение личинок, их выдерживание и подращивание (при необходимости).
5. Выпуск подрощенных мальков в естественные водоемы.

5.1. Заготовка производителей.

Икрометание как речной печорской пеляди так и сига-пыжьяна проходит в октябре-ноябре. Рекомендуется в это время проводить отлов на естественных нерестилищах пеляди и сига. Для отлова могут быть применены ставные сети с размером ячеи 50-60 мм, длиной 50 м. Сети следует выставлять порядками 4-6 шт. непосредственно на нерестилищах. Чтобы получить живых производителей с минимальными повреждениями, сети необходимо проверять два раза в сутки. После вылова необходимого числа производителей, их следует транспортировать на рыбоводный завод, где у созревших самок и самцов сцедить икру и молоки, а незрелых отсадить на выдерживание.

Производителей для транспортировки помещают в 50-литровые пластиковые мешки для транспортировки. Мешки укладывают в ящики и заполняют забортной водой. В каждый мешок помещают 4 – 6 производителей, в зависимости от размеров. Одна треть объема воды заменяется каждые полчаса. Рыба нормально выдерживает перевозку в течение 2 – 3 часов.

5.2. Выдерживание производителей сига и пеляди.

Производителей сиговых до созревания выдерживают в бассейнах. Их размер – не менее 4 м², глубина водного слоя – 0,5 – 1 м. Плотность посадки – до 30 кг/м³.

Рекомендуется затенять бассейны с производителями. Также следует отбраковывать сильно травмированных особей.

Когда температура воды опускается до нерестовой (около 10°C) следует просматривать самок не менее 3 раз в неделю. Созревающих особей необходимо отсаживать в отдельные бассейны и проводить у них отбор половых продуктов.

Стимулирование созревания производителей не производится в силу того, что нерестовые производители отбираются прямо на промысле и имеют зрелые половые продукты.

5.3. Отбор производителей.

Половые продукты следует брать только от производителей с текучими икрой и спермой. На качество икры отрицательно влияет как истощение рыбы, так и чрезмерная упитанность. Признак плохого качества икры – наличие в ней на стадии дробления более 2 – 4% мертвых яиц, а также набухших, с редукцией протоплазматического диска.

5.4. Сбор половых продуктов.

В этом процессе необходимо соблюдение следующих правил[12]:

- 1) Температура воды и воздуха в цехе должна совпадать с таковой в водоеме в нерестовый период. Превышение температуры снижает время активного состояния спермы и, как следствие, её способность к оплодотворению.
- 2) Вода, которая используется при осеменении и набухании икры, не должна навредить икре при проведении всех рыбоводных процессов. В ней не должно быть свободных взвесей, она не должна иметь посторонних запахов, окраски, привкуса. Рекомендуется брать воду из того же водоема, где происходит нерест рыбы, или идентичную по химическому составу. Нельзя, чтобы в воде присутствовали

сероводород, соли железа, активный хлор, метан, ядовитые вещества. Общая минерализация воды не должна превышать 300 мг/л, активная реакция – в пределах от 6,0 до 8,0 ед рН.

3) Вода должна быть насыщена кислородом в 7 – 11 мг/л.

Отбор икры

Все операции с икрой сига должны проводиться при температуре воды до 4°C и воздуха не выше 10°C. Для пеляди это не выше 2°C температура воды и не выше 5°C.

Для отцеживания и осеменения икры лучше всего использовать пластиковые миски с гладкой внутренней поверхностью и широким дном, так как при низких температурах воздуха икра в них не будет примерзать к стенкам (Рис 22). Такие миски удобнее в работе, чем ранее применявшиеся эмалированные тазы. Рекомендуемый диаметр мисок – 30 – 35 см, высота 20 – 25 см. Рекомендуется использовать тазы белого цвета – на их фоне очень хорошо видна окраска икры. При отцеживании икры рыбу нужно держать у края миски, чтобы икра стекала по её внутренней стенке. При неправильном отцеживании возможно повреждение икры при падении. В одну миску отцеживается до 1 – 1,5 кг икры от одной или нескольких самок. Операция взятия икры должна продолжаться не более 5 – 7 минут. Большее время снижает качество осеменения.

Сбор икры рекомендуется проводить в защищенном от ветра месте при температуре 2 - 4°C. Температура не должна превышать 6°C, в противном случае может резко снизиться качество икры.



Рис. 22. Отбор половых продуктов у сига [16]

Следует отбраковывать самок с мутной икрой, идущей комьями (недозревшая), с икринками неправильной формы (мятые, угловатые и проч.). Необходимо избегать попадания в миску икры, окрашенной кровью, а также фекальных масс. Нельзя брать для осеменения икру самок, у которых при отцеживании имеется много некачественных икринок светло-серого или белого цвета

Отбор спермы

Сперму сцеживают либо в отдельную сухую небольшую по объему посуду либо непосредственно в таз с икрой, как это показано на рис. 22.

При осеменении икры каждой самки рекомендуется использовать сперму 5 – 10 самцов для сохранения генетического разнообразия.

Хорошая сперма имеет умеренную густую консистенцию и белую, чуть желтоватую окраску. Сперма водянистая, имеющая синеватый оттенок, не дает хорошего результата при осеменении икры.

5.5. Осеменение и оплодотворение икры

Осеменение рекомендуется проводить «сухим способом». Методика получения и оплодотворения икры сиговых разработана еще в третьей четверти прошлого века.

Сперма добавляется в миску с икрой. Далее икру следует осторожно перемешать со спермой встречно-круговыми движениями. Спермии сигов сохраняют поступательный характер движения в овариальной жидкости икры около 2 – 3 мин. После того, как икра и сперма перемешаны, в миску добавляют воду так, чтобы она полностью покрывала икру, и быстро тщательно перемешивают. На 1 – 1,5 кг икры добавляют 0,6 – 0,8 л воды. Процесс оплодотворения длится до 7 – 10 мин. В это время икру следует оставить в покое.

Следующий шаг – в течение 10 – 15 мин. икру необходимо промывать от остаточной спермы, овариальной жидкости и слизи. Воду следует часто менять. Во время промывки удаляются также дефектные икринки, так как они легче основной массы икры.

После промывки икры её необходимо *обесклеить*. Сделать это можно либо в деревянных ящиках с сетчатым дном, установленных в большой емкости с водой (бассейн, садок при слабом течении), либо в аппарате для механической отмывки оплодотворенной икры, который разработал А.А. Боев и который хорошо себя зарекомендовал при проведении работ с икрой волховского сига на Волховском рыбозаводе.

Деревянный ящик имеет высоту борта 15 – 20 см, размеры 50X50, см, дно обито мельничным ситом № 10 – 11. Норма загрузки 1 аппарата Боева – до 5 л икры. Икру оставляют в ящиках и аппаратах в покое на весь период набухания и обесклеивания (до 1 суток).

Во время набухания икра сига становится прочной через 7 – 8 часов после осеменения. В течение этого процесса масса и объем увеличиваются почти в два раза.

Когда процесс набухания икры оканчивается, её промывают в течение 15 – 20 мин. водным раствором танина из расчета 0,1 – 1 г танина на 10 литров воды. Количество танина зависит от клейкости: чем меньше клейкость, тем меньше концентрация. Раствор следует использовать через 10 – 15 мин. после его приготовления из расчета 10 л раствора на 5 л икры.

В аппараты для инкубации оплодотворенная икра помещается через 12 – 24 часа.

5.6. Учет собранной икры и инкубация.

Для учета используется мерная кружка с перфорированным дном. Количество полученной икры определяется после процесса набухания, прежде её загрузки в аппарат Вейса.

Кроме того, необходимо на ранних стадиях развития эмбрионов определить, сколько процентов икры оплодотворено. С большой точностью это можно сделать на стадиях развития от четырех бластомеров до средней морулы. У оплодотворенной икры в это время бластодиск имеет симметричную форму с равновеликими бластомерами, в отличие от неоплодотворенной. Оплодотворяемость икры в норме составляет 80 – 90 %.

Инкубацию икры необходимо производить в закрытых помещениях.

Икра закладывается в аппараты Вейса объемом 8 л, температура воды от 2,7 до 8,5°C. Насыщение воды кислородом в период инкубации должно составлять 7 – 11 мг/л, активная реакция воды, благоприятная для инкубации икры – 6,5 – 7,5 ед. рН.

Расход воды на один аппарат Вейса зависит от количества и стадии развития икры, а также содержания кислорода в воде. На чувствительных стадиях расход воды в аппаратах не должен превышать 2,2 – 2,4 л/мин (рекомендуется 1,8 л/мин), чтобы не подвергать икру значительным механическим воздействиям. На стадии развития подвижного эмбриона расход воды может быть увеличен до 2,6 – 2,8 л/мин. На поздних стадиях применяется максимальный расход воды – 3 – 3,5 л/мин.

Биотехнические нормы инкубации сиговых представлены в таблице №

Таблица № Биотехнические нормы инкубации икры сиговых

Показатели	Значения
Количество икринок в одном аппарате, тыс. шт.	300

Температура воды в период инкубации, °С	0,2 – 8
Расход воды в аппарате, л/мин.	1,8 – 3,5
Содержание растворенного в воде кислорода, мг/л	не менее 7
Водородный показатель, ед. рН	6,5 – 7,5
Продолжительность инкубации, сут.	165 – 180
Выживаемость за инкубацию, %	60 – 70

5.7. Контроль и отбор погибшей икры.

Во время инкубации следует проводить отбор и учёт мертвой икры. Также необходимо корректировать обмен воды в аппаратах, ежедневно измерять температуру воды и содержание кислорода, наблюдать за развитием икры.

Технологические работы рекомендуется проводить в период пониженной чувствительности эмбрионов. В начале развития икра имеет слабую дыхательную активность, поэтому уменьшение проточности для неё не является критичным фактором. Однако, после того как происходит образование у эмбриона системы кровообращения, дыхательная активность возрастает и даже небольшое нарушения режима проточности может привести к гибели всей икры в аппарате. Этот период характеризуется повышенной гибелью эмбрионов на стадии закладки осевых органов: погибшие икринки постепенно белеют и концентрируются в верхней части аппаратов.

При небольшом производственном объеме, побелевшие икринки отбирают вручную с помощью сифона в период самоотбора, который основывается на разностях относительных плотностей живой и мертвой икры.

5.8. Профилактические мероприятия.

Наиболее опасная болезнь для икры – сапролегниоз. При появлении в

аппаратах сапролегнии следует обработать икру одним из красителей:

- Фиолетовый, концентрация 5 мг\л, длительность обработки – 25 мин.
- Малахитовый зеленый, степень разведения 1/200000, длительность обработки – 50 мин

При появлении комков из пораженной сапролегнией икры можно механическим способом освобождать икринки от гифов гриба, начиная с этапа окончания гастрюляции, когда икринки становятся упругими, относительно прочными и мало восприимчивыми к механическому воздействию и давлению.

5.9. Вылупление свободных эмбрионов, выдерживание и подращивание личинок

Массовое вылупление сига и пеляди наблюдается в конце апреля – начале мая, когда температура повышается до 3 – 4,5°С. При оптимальной температуре период вылупления длится от 4 до 15 суток.

После вылупления эмбрионы током воды выносятся из аппаратов в уловители – глубокие проточные бассейны. Из уловителей они переносятся в тазы, где оседают оболочки эмбрионов. Личинок помещают в бассейны цеха выращивания молоди, где их подращивают. Допустимая концентрация 150 – 180 тыс. шт./м². Уровень воды в бассейне для личинок – 0,25 м.

Бассейны, в которых предполагается подращивать личинок, должны иметь площадь 1 – 4 м² с центральным водосливом и круговым движением воды. Бассейны должны находиться в освещенном помещении. На ночь освещение следует выключать. На начальных этапах подращивания необходимо избегать попадания прямых солнечных лучей в бассейны, так как избыточное освещение негативно влияет на выживаемость личинок сиговых.

В бассейнах должна обеспечиваться постоянная проточность воды с максимальным расходом её на один бассейн 0,7 л/с. Обмен воды в начале подращивания личинок не превышает 1 раза в час. При подращивании поздних личинок – 3 – 4 раза в час.

Оптимальная температура воды для подращивания – 9 – 17°С,

концентрация кислорода – не менее 7 мг/л, все остальные гидрохимические параметры не должны превышать рыбохозяйственные нормативы.

Ежедневно необходимо чистить бассейны. Стенки бассейна следует 2 раза в неделю осторожно обтирать поролоном или марлей, сложенной в несколько слоев. Также щеткой чистится фонарь, и шлангом-сифоном удаляется осадок со дна.

В процессе подращивания проводится контроль за ростом и выживаемостью личинок, а также за расходом кормов и кормовыми коэффициентами.

Зачастую искусственное воспроизводство ограничивается выпуском в водоемы личинок выращиваемой рыбы. Однако, в условиях Крайнего Севера, где холодные погодные условия часто являются сдерживающим фактором для развития зоопланктона, вероятность высокой смертности среди выпущенных личинок увеличивается. Поэтому имеется необходимость в подращивании молоди до 1 г.

Подращивание до навески 40 – 50 мг, переход на внешнее питание

Начальная плотность посадки личинок 100 тыс. шт/м³. При достижении массы 0,04 – 0,05 г она снижается до 30 – 35 тыс. шт/м³.

После пересадки личинок в бассейны кормление следует начинать на 2 – 3 сутки выдерживания, при температуре воды 9 – 10°C. Начальный суточный рацион составляет 3 – 5 % от ихтиомассы. Начинать кормление необходимо с живого корма, науплии артемии, постепенно добавляя искусственный корм. Это может быть ЛС – корм для личинок, разработанный ГосНИОРХом, «Био-Оптимал Старт» фирмы «БиоМар», «Нутра ХП» фирмы «Скреттинг».

Процесс кормления нуждается в постоянном контроле рыбовода. Периодичность кормления – каждые 0,5 часа в светлое время суток.

Корм вручную разбрасывается по поверхности воды. В начале кормления активность питания и поисковой пищевой рефлекс на низком уровне. Личинки сиговых в это время захватывают частицы корма, находящиеся в непосредственной близости. В связи с этим кормление должно осуществляться

с избытком. Ежедневно необходимо учитывать количество выданного корма в каждом бассейне, а при необходимости докармливать личинок. В дальнейшем активность питания возрастает, личинки начинают плавать сформированной стаей. Максимальная утилизация корма происходит по достижению ими массы 50 – 60 мг. Это период окончательного формирования пищеварительной системы, начала активного функционирования желудка. Интервал между кормлениями можно постепенно увеличивать до 1 – 2 часов.

После достижения навески 40 – 50 мг, личинка должна быть перенесена в мальковое отделение.

Подращивание до навески 300 мг

В этот период подращивания рацион полностью состоит из искусственных кормов.

Молодь по мере роста рассаживается в разные бассейны, плотность посадки уменьшается до 11,0-13,5 тыс. шт/м³.

Суточный рацион кормления – 5 – 15 % от ихтиомассы. Длительность подращивания с 40 мг до 300 - около 25 – 30 дней. Содержание кислорода необходимо поддерживать в пределах 7,0 – 11,0 мг/литр.

Выращивание мальков сига до навески более 1 г.

В начале этого периода подращивания плотность посадки, как уже отмечалось, 11,0-13,5 тыс. шт/м³. Суточный рацион кормления 2-4 % от ихтиомассы. Кормление производится автоматическими кормушками с 12-часовым режимом работы. Температурный оптимум выращивания – 18°C. Продолжительность этапа около 40 – 55 суток.

Отрицательным фактором, влияющим на темпы роста отдельных особей и их выживаемость, является увеличение вариабельности по массе. Оно несет за собой изменение в поведении рыб. Весь верхний горизонт и место около кормушки занимают наиболее крупные особи. Им достается основная масса корма. Особи менее крупные держатся на средней глубине, и им достается значительно меньше корма. У дна бассейна находятся самые мелкие особи, до которых корм практически не доходит. Со временем это приводит к их гибели.

Для решения этой проблемы, увеличения темпов роста и выживаемости молоди сига необходима сортировка. Следует применять сортировальные ящики с гребенками 3, 4 и 5 мм.

5.10. Выпуск подрощенной молоди

Выпуск должен начинаться после достижения молодью навески 2 г. Выпуск проводится в конце июля – августе, регулярно через каждые 10 суток. Молодь сига необходимо просчитать, поместить в полиэтиленовые мешки, в которых вода насыщена кислородом и доставить к месту выпуска.

Температура воды в бассейнах перед выпуском должна соответствовать температуре воды в водоеме, куда будет производиться выпуск.

Чтобы не привлекать хищников, время от времени необходимо менять места выпуска молоди. Перед выпуском их также следует облавливать неводом. Выпускать молодь следует в утренние или вечерние часы, когда солнце еще не взошло или уже село.

Выпуск следует осуществлять в проточные или слабопроточные курии, имеющие предпочтительно галечниковое дно и высокое содержание кислорода во всей толще воды. Нежелательна развитая водная растительность.

6. Рыбоводный расчет

Рыбоводный расчёт делается на основе биотехнических показателей по разведению молоди лососевых и сиговых рыб на рыбоводных заводах Архангельской области (табл. 1) и основывается на планируемом выпуске в Сулу 5 млн. мальков пеляди и 5 млн. мальков сига-пыжьяна.

Таблица 1. Биотехнические показатели для разведения сиговых

Рыбоводные показатели	Ед. измерения	Виды рыб	
		Сиг	Пелядь
Соотношение полов при получении половых продуктов	экз:экз	1:1	1:1
Средняя рабочая плодовитость	тыс.шт.	28	30
Отход производителей при транспортировке	%	5	5
Плотность посадки производителей	экз./м ³	40	27
Выживание производителей при выдерживании в бассейнах:	%		
-самки		90	90
-самцы		95	95
Средний процент оплодотворения икры	%	95	95
Средний выход личинок от оплодотворенной икры	%	80	70
Плотность посадки личинок при выдерживании в бассейнах	экз./м ³	100 000	400 000
Выход личинок за период выдерживания в бассейнах	%	60	50
Выход мальков за период подращивания	%	80	80
Средняя масса мальков за период подращивания	г	0.02	0,02
Плотность посадки мальков при выращивании:	экз./м ³	11 000	11 000

Расчет необходимого количества производителей сига и пеляди для выпуска по 5 млн. подрощенной молоди обоих видов:

Сиг

1)Выход при выращивании молоди от общего её количества:

$$5\,000\,000 * 100 / 80 = 6\,250\,000 \text{ шт.}$$

2)Выход личинок за период выдерживания от общего начального количества:

$$6\,250\,000 * 100 / 60 = 10\,400\,000 \text{ личинок, вылупившихся из икры}$$

3)Выход личинок от оплодотворенной икры:

$$10\,400\,000 * 100 / 80 = 13\,000\,000 \text{ икринок}$$

4)Количество оплодотворенной икры:

$$13\,000\,000 * 100 / 95 = 13\,700\,000 \text{ икринок всего.}$$

5)Необходимое количество производителей:

$$13\,700\,000 / 28\,000 = 490 \text{ самок и } 490 \text{ самцов}$$

6)Отход производителей при выдерживании в бассейнах:

$$\text{Самки} - 490 * 100 / 90 = 545$$

$$\text{Самцы} - 490 * 100 / 95 = 516$$

7)Отход производителей при транспортировке:

$$\text{Самки} - 545 * 100 / 95 = 574 \text{ шт.}$$

$$\text{Самцы} 516 * 100 / 95 = 544 \text{ шт.}$$

Пелядь

1) Выход при выращивании молоди от общего её количества:

$$5\,000\,000 * 100 / 80 = 6\,250\,000 \text{ шт.}$$

2)Выход личинок за период выдерживания от общего начального количества:

$$6\,250\,000 * 100 / 50 = 12\,500\,000 \text{ шт.}$$

3)Выход личинок от оплодотворенной икры:

$$12\,500\,000 * 100 / 70 = 17\,900\,000 \text{ шт.}$$

4) Количество оплодотворенной икры:

$$17\,900\,000 * 100 / 95 = 18\,842\,000 \text{ шт. икринок всего.}$$

5) Необходимое количество производителей:

$18\ 842\ 000/30\ 000 = 628$ самок и 628 самцов

б) Отход производителей при выдерживании в бассейнах:

Самки – $628*100/90 = 697$

Самцы - $628*100/95 = 661$

7) Отход производителей при транспортировке:

Самки - $697*100/95 = 734$ шт.

Самцы $661*100/95 = 696$ шт.

Исходя из расчетов, определяется необходимое количество бассейнов для производителей, личинки, малька, а также число инкубационных аппаратов.

1) Для выдерживания производителей будут использованы бассейны площадью $32\ \text{м}^2$. Уровень воды в бассейне – 1 м. Следовательно, объем бассейна будет составлять $32\ \text{м}^3$. Для сигов в одном кубометре допускается выдерживание 40 производителей.

$32*40 = 1280$ шт.

Самок и самцов в преднерестовом состоянии необходимо держать отдельно, поэтому потребуется два бассейна площадью $32\ \text{м}^2$ для сигов – производителей.

Соответственно и для пеляди потребуется два бассейна площадью $32\ \text{м}^2$ каждый.

2) Для инкубации икринок будут использованы аппараты Вейса.

В аппарат Вейса для инкубации закладывается 300 тыс. шт. икринок сига и 700 тыс. шт. пеляди.

$13\ 700\ 000$ икринок сига/300 тыс.шт. на 1 аппарат = 46 ап. Вейса.

$18\ 842\ 000$ икринок пеляди/700 тыс. шт. на 1 аппарат = 27 ап. Вейса

3) Подращивание личинок до 50 мг будет проходить в бассейнах площадью $4\ \text{м}^2$. Глубина – 0,4 м. На кубический метр допускается концентрация в 170 тыс. шт. личинок.

$1.6\ \text{м}^2*170$ тыс. шт. = 160 тыс. шт. личинок на 1 бассейн.

$10\ 400\ 000/160\ 000 = 65$ бассейнов для личинок сига

$17\,900\,000/160\,000 = 112$ бассейнов для личинок пеляди

4) Для выращивания мальков до навески 1 г будут использоваться бассейны площадью 32 м^2 . Глубина – 0,5 м.

Подращивание ведется в два периода:

1) $16\text{ м}^3 * 30\text{ тыс. шт/м}^3 = 480\,000$ мальков на один бассейн (период подращивания с 50 мг до 300)

$6\,250\,000/480\,000 = 13$ бассейнов для подращивания малька сига.

$6\,250\,000/480\,000 = 13$ бассейнов для подращивания малька пеляди.

2) $16\text{ м}^3 * 10\text{ тыс. шт/м}^3 = 160\,000$ мальков на один бассейн (период подращивания с 300 мг до 1 г)

$6\,187\,500/160\,000 = 39$ бассейнов для подращивания малька сига.

$6\,187\,500/160\,000 = 39$ бассейнов для подращивания малька пеляди.

Итого потребуется:

1. 78 бассейнов площадью 32 м^2 .
2. 177 бассейнов площадью 4 м^2 .
3. 73 инкубационных аппаратов Вейса

7. Водоснабжение, расчет расхода воды, водоочистка.

Рыбоводный завод будет снабжаться водой механическим принудительным путем. Забор воды из реки Сула, выше впадения Соймы, будет осуществляться насосами. Вода будет закачиваться в водонапорную емкость.

1) Расход воды на содержание производителей:

$4 \text{ бассейна} * 25 \text{ л/мин} * 1440 * 10 \text{ сут} = 1,5 \text{ млн литра воды}$

2) Расход воды на инкубационные аппараты:

$73 \text{ инк. апп. Вейса} * 2,6 \text{ л/мин (средний расход воды)} * 1440 \text{ (мин. в сутках)} * 170 \text{ сут. (среднее время инкубации)} = 46,5 \text{ млн. литров воды.}$

3) $177 \text{ бассейнов для подращивания личинки} * 3,4 \text{ л/мин} * 1440 \text{ (мин в сутках)} * 25 \text{ суток} = 21,6 \text{ млн. литров воды}$

4) Расход воды при подращивании малька до 1 г следует вести с учетом двух периодов выращивания:

а) $26 \text{ бассейнов} * 15 \text{ л/мин} * 1440 * 23 \text{ сут (среднее время подращивания в этот период)} = 13 \text{ млн. литров воды.}$

б) $78 \text{ бассейнов} * 25 \text{ л/мин} * 1440 * 30 \text{ (среднее время подращивания в этот период)} = 84 \text{ млн. литров воды}$

Итого: 166 600 000 литров воды или $166 600 \text{ м}^3$ в год.

С целью снижения водопотребления и уменьшения затрат тепла, расходуемого на нагрев воды в системах терморегуляции инкубационно-личиных цехов и сокращения объема сточных вод, целесообразно использовать обратное водоснабжение с 2 – 3-кратным повторным использованием воды без её очистки.

Воды из инкубационно-личиных цехов, которые образуются после инкубации икры, выдерживания и подращивания личинок, а также воды из зимовальных прудов и комплексов практически не отличаются от забираемой из водоисточника воды. По сравнению с ней на 1 – 2 мг/л снижается содержание растворенного кислорода и увеличивается до 0,5 – 1,0 мг/л

концентрация углекислоты и аммонийного азота. Эти воды сбрасываются без очистки. Расчеты смешения (разбавления) не выполняются [5].

Необходимость в водоочистке имеется лишь для очистки хозяйственно-бытовых стоков перед сбросом в реку. Сюда могут быть включены стоки от кормокухни, цеха выращивания живых кормов и лаборатории рыбоводного хозяйства. Степень необходимой очистки и обезвреживания сточных вод определяют в сравнении с фоновыми показателями качества воды в расчетных створах водоприемника.

На основании результатов выполненных расчетов и данных по условиям спуска сточных вод в водоприемник подбирают типовые сооружения для полной биологической очистки стоков, способных обеспечить снижение концентрации загрязнений до требуемых значений. Нормативно очищенные воды отводят в водоприемник в намеченном при выборе площадки створе [5].

Также важное значение имеет степень загрязнения поверхностного дождевого стока с территории административно-хозяйственного центра рыбхоза. Она определяется характером производственной деятельности, в том числе транспортировки и складирования кормов, удобрений, топлива для котельной, горюче-смазочных материалов, а также режима уборки территории и организации складирования отходов хозяйственной деятельности.

Средние концентрации основных примесей в дождевых стоках могут быть приняты (в мг/л):

Взвешенные вещества – до 500

Нефтепродукты – 10 – 30

БПК_{полн} – 20 – 30

Мойка автомашин:

взвешенные вещества – 3000

нефтепродукты – 900

Расход поверхностного стока определяется по данным гидрологических изысканий. Сток от мойки автомашин принимают в зависимости от количества автомашин и характеристики оборудования мойки.

Очистные сооружения, которые состоят из нефтеловушки, камеры доочистки и мазутосборных колодцев, проектируют из расчета поочередного приема поверхностного дождевого стока или стока от мойки автомашин. Избыток осветленных вод отводится в водоем, осадок вывозят на места складирования, согласованные с санитарно-эпидемиологической службой.

Необходимо также предусмотреть водоизмерительные устройства для учета количества сбрасываемых сточных вод, а также организовать лабораторный контроль за работой очистных сооружений и концентрацией загрязняющих веществ в сточных водах.

Периодически контрольные химические и бактериологические анализы могут производиться по договору с лабораториями районных санитарно-эпидемиологических станций [5].

Заключение

На основании анализа промысла и физиологического состояния сиговых можно прийти к выводу, что вот уже несколько десятилетий идет снижение числа особей в популяциях этих рыб. На р. Печора не ведется работ по восстановлению видов этих рыб, а проект по строительству рыбзавода, который несколько лет назад должен был реализовываться, заморожен.

Тем временем продолжают случаться аварии на важных нерестовых притоках Печоры. В том числе пострадала и Сула, в которой в апреле 2017 года затонуло две машины, перевозившие среди прочего вредные для окружающей среды реагенты. Также не решена проблема браконьерского вылова.

Исходя из этого, увеличивается необходимость в строительстве рыбоводного завода, который воспроизводил бы ценные для промысла виды – сига и пелядь.

Реализация проекта позволит восстановить популяции пеляди и сига до их размеров, характерных для середины прошлого века. Это, в свою очередь, обеспечит наличие постоянного запаса биоресурса для нужд промысла.

Сиговодство в пределах округа может иметь два направления развития:

- Воспроизводство речных сиговых рыб с целью восстановления их численности
- Товарная аквакультура озерных сиговых рыб

Первоначально источником икры для инкубации будут естественные популяции. Однако, в дальнейшем возможно создание маточного стада, которое позволило бы иметь постоянный источник посадочного материала.

Кроме того, развитие сиговодства в Ненецком АО позволит обеспечить население высококачественной продукцией, получаемой без нарушения норм изъятия сиговых рыб из водоемов. Также строительство завода по восстановлению сиговых даст рабочие места для жителей округа.

Выводы:

1. Географическое положение места, выбранного для строительства завода, является оптимальным для выращивания холоднолюбивых видов – пеляди и сига.
2. Состояние популяций сиговых рыб является неудовлетворительным, о чем говорят статистика промысла и ухудшение физиологического состояния рыб данного рода.
3. Методами по улучшению состояния популяций сиговых являются совершенствование нормативной базы, временный запрет на вылов этих видов рыб и искусственное воспроизводство.
4. Биология сига и пеляди позволяет успешно выращивать эти виды в искусственных условиях в целях воспроизводства.
5. Биотехнология выращивания этих видов сиговых разработана ещё в прошлом веке. Выращивание рыбы на рыбзаводе будет основываться на этих разработках. Однако опыта выращивания сиговых за полярным кругом ещё мало, поэтому многие нормативы могут корректироваться в ходе непосредственной работы завода. Например, возможен поиск оптимальной навески для выпуска в водоём.
6. Для выпуска 5 млн мальков пеляди и 5 млн мальков сига по итогам рыбоводного расчета потребуется: от сига 13 700 000 млн икринок, в соответствии с этим количеством, 1118 производителей; от пеляди потребуется 18 842 000 млн икринок и 1430 производителей. Предполагаемая мощность завода в 10 млн. выпускаемых мальков может быть освоена в два этапа, начиная с 5 млн. В дальнейшем возможна также интенсификация выращивания и увеличение количества подрощенной молоди.

Список литературы

1. Богданов В.Д. Морфологические особенности развития и определитель личинок сиговых рыб р. Оби. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 55 с.
2. Волощенко Б.Б., Маненкова Г.М. Сибирский сиг-пыжьян *Coregonus lavaretus pidschian* Gmel. как объект искусственного разведения. //Сборник научных трудов ГосНИОРХ, вып. 147. – СПб: ФГБНУ «ГосНИИОРХ», 1979. – С. 21 – 27.
3. Головкова Г.А. Эмбриональное развитие сига-пыжьяна *Coregonus lavaretus pidschian* Gmel. В условиях ЦЭС ГОСНИОРХ «РОПША»//Сборник научных трудов ГосНИОРХ, вып. 247. – СПб: ФГБНУ «ГосНИИОРХ», 1986. – С. 44 – 54.
4. Гриневский Э.В., Каспин Б.А., Керштейн А.М. и др. Проектирование рыбоводных заводов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 223 с.
5. Козьмин А.К. Современное состояние запасов сига *Coregonus lavaretus* Linnaeus, 1758 в реках европейского северо-востока России // Современное состояние биоресурсов внутренних водоёмов и пути их рационального использования: Материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ. - Казань: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2016. - С. 506 – 510.
6. Климат села Коткино. Электронный ресурс: <https://ru.climate-data.org> (Дата обращения: 19.06.2018)
7. Лукьяненко Е.А. Развитие сиговодства в Ненецком автономном округе//Рыбохозяйственные исследования на внутренних водоемах: Материалы докладов II Всероссийской молодежной конференции, Санкт-Петербург, 19-21 апреля 2016. - СПб: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2016. – С. 197 – 201.
8. Научно-популярная энциклопедия «Вода России». Электронный ресурс: <http://water-ru.ru> (Дата обращения: 22.06.2018)

9. Новосёлов А.П., Антонова В.П. О возможностях заводского воспроизводства омуля *Coregonus autumnalis* P. и нельмы *Stenodus leucichthys nelma* P. в бассейне реки Печора. // Материалы рыбохозяйственных исследований водоемов Европейского Севера. Сборник научных трудов / Под ред. В.М. Зеленкова. – Архангельск: Изд-во «Правда Севера», 2002. – С. 156 – 167.
10. Новосёлов А. П., Студёнов И.И. Динамика современного состояния сиговых рыб в бассейне р. Печора // Труды ВНИРО. Т. 151: Архангельск, ФГУП «ПИНРО», 2014. – С. 141 – 150.
11. Полезная информация для всех. Электронный ресурс: <http://info-4all.ru> (Дата обращения: 23.06.2018)
12. Протопопов Н.К. Морфологическая характеристика и структура популяции сига-пыжьяна реки Печора. // Сборник научных трудов ГосНИОРХ, вып. 207. – СПб: ФГБНУ «ГосНИИОРХ», 1983. – С. 103 – 124.
13. Решетников Ю.С., Мухачев И.С., Болотова Н.Л. и др. Пелядь *Coregonus peled* Gmel. – М.:Наука, 1989. – 303 с.
14. Сайт Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова (ИПЭЭ РАН). Электронный ресурс: <http://www.sevin.ru> (Дата обращения: 23.06.2018)
15. Сборник методических рекомендаций по индустриальному выращиванию сиговых рыб для целей воспроизводства и товарной аквакультуры. – СПб: ФГБНУ «ГосНИИОРХ», 2012. – 289 с.
16. «Словари и энциклопедии на Академике». Электронный ресурс: <https://dic.academic.ru> (Дата обращения: 23.06.2018) Состояние и охрана окружающей среды в Архангельской области за 2013 год, доклад. – Архангельск: Министерство природных ресурсов и лесопромышленности, 2017. 453 с.
17. Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года (утв. Минсельхозом РФ 10.09.2007). - М.: Росинформагротех, 2007. - 34 с.

18. Сула (река, приток р. Печоры) // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.

19. Чистобаева Р. Е. О жилых формах сига *Coregonus lavaretus pidschian* Gmel. в бассейне реки Печоры. // Сборник научных трудов ГосНИОРХ, вып. 242. – СПб: ФГБНУ «ГосНИИОРХ», 1986. – С. 132 – 143.

20. Шibaев Л.В. Эколого-биологические и биотехнические основы воспроизводства сига (*Coregonus lavaretus* L.) Куршского залива Балтийского моря: Автореф... дисс. кан. биол. наук. – Калининград: 2016. – 160 с.