

## ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИЙ ПЕЛЯДИ НИЖНЕЙ ОБИ В ПЕРИОД 1981–2021 ГГ.

© 2024 г. В. Д. Богданов<sup>а,\*</sup>, И. А. Кшнясев<sup>а</sup>, И. П. Мельниченко<sup>а</sup>, А. Р. Копориков<sup>а,\*\*</sup>,  
О. А. Госькова<sup>а</sup>, Я. А. Кижеватов<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Россия, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

\*e-mail: Bogdanov@ipae.uran.ru

\*\*e-mail: Koporikov@mail.ru

Поступила в редакцию 05.10.2023 г.

После доработки 10.10.2023 г.

Принята к публикации 12.10.2023 г.

Представлены результаты оценки численности генераций пеляди Нижней Оби. На основании данных о численности скатившихся с нерестилищ личинок, полученных в 1981–2021 гг. на основных нерестовых реках, сделаны выводы о современной демографической ситуации в популяции пеляди Нижней Оби, о влиянии антропогенных факторов и водности поймы Оби на воспроизводство. Установлено, что решающее значение в воспроизводстве пеляди неизменно принадлежит р. Северной Сосьве. В последние годы произошло увеличение доли вклада рек Войкара и Соби. Выявлены семилетние циклы (между пиками численности личинок), максимумы которых, с лагом в один год, совпадают с пиками водности Нижней Оби, что обеспечивает существование самой многочисленной в мире популяции речной пеляди. Наличие таких циклов позволяет прогнозировать фазы численности. Предложено уравнение, описывающее зависимость численности генерации пеляди Нижней Оби от среднего (июнь–август) уровня Оби (по гидропосту г. Салехарда) в предшествующем году.

**Ключевые слова:** пойма, водность Оби, сиговые рыбы, нерестовые притоки, воспроизводство, генерация, личинки, динамика численности

DOI: 10.31857/S0367059724010052 EDN: XBPZVL

В настоящей работе мы исходим из положения, что существует единая популяция полупроходной пеляди р. Оби [1, 2], у которой репродуктивная, нагульная, зимовальная части ареала занимают огромную акваторию и не совпадают. Основной частью репродуктивного ареала пеляди являются уральские притоки Оби. Ведущее значение уральских притоков для обеспечения размножения, инкубации икры и частично зимовки пеляди определяет необходимость проведения постоянного мониторинга состояния воспроизводства, важным элементом которого являются сведения о численности генераций.

Ранее было установлено, что загрязнение воды и грунтов на нерестилищах в уральских притоках Оби минимальное [3, 4], и эффективность воспроизводства сиговых рыб определяется в основном масштабами перемерзания нерестовых участков, вызывающих локальные заморы, а также количеством и качеством нерестящихся производителей [5]. Экологическое

состояние нерестилищ продолжает оставаться в пределах нормы, что обеспечивает воспроизводство сиговых рыб, в том числе пеляди. О нормальном состоянии среды свидетельствует также тот факт, что среди вылупившихся личинок сиговых рыб почти нет особей с аномальными внешними признаками [2]. За период наших исследований гибели от паразитарных эпизоотий пеляди в нерестовых уральских притоках Оби не наблюдалось [6].

Цель работы – на основе многолетних данных о численности покатных личинок на основных уральских нерестовых притоках дать оценку демографической ситуации в популяции пеляди Нижней Оби и выявить закономерности ее динамики численности в связи с водностью. Актуальность исследования определяется высокой значимостью пеляди Оби как биологического ресурса, используемого в промысле, аквакультуре и компенсации ущерба, нанесенного водным биоресурсам хозяйственной деятельностью, т.е.

при решении социальных и природоохранных проблем.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Климат территории восточного склона Полярного и Приполярного Урала, поймы Нижней Оби континентальный, с очень коротким прохладным летом и холодной продолжительной зимой [7]. Средняя годовая температура воздуха в районе п. Мужы составляет  $-4.3^{\circ}\text{C}$ . Абсолютные максимальные температуры воздуха достигают  $35^{\circ}\text{C}$  (июль, август), а минимальные —  $-58^{\circ}\text{C}$  (февраль). В горах зима длится до 7 мес. Средняя температура воздуха в январе от  $-19$  до  $-21^{\circ}\text{C}$ . Устойчивый снежный покров устанавливается во второй половине октября. Продолжительность залегания снежного покрова 200–240 дней. Интенсивное таяние снега начинается в конце мая и сопровождается сильным подъемом воды в реках. Теплый сезон, характеризующийся положительными среднесуточными температурами и отсутствием устойчивого снежного покрова, длится менее 3 мес. — с середины июня до начала сентября. Годовое количество осадков составляет в среднем около 800 мм. Основная масса осадков выпадает в летние месяцы (июнь — август) — 45–40%.

**Оценка численности генераций.** Учеты численности покатных личинок пеляди проведены в бассейнах левобережных нерестовых притоков Нижней Оби — Северной Сосьвы, Сыни, Войкара, Соби в 1981–2021 гг. (рис. 1). Река Северная Сосьва — длина 866 км, площадь бассейна 89.7 тыс. км<sup>2</sup> [7]. Учетный створ находится в 195 км от устья. Ширина русла в учетном створе — 400 м, наибольшая глубина в межень — 6 м, в паводок — 13.8 м. Река Сыня — протяженность 322 км, площадь водосбора 11.95 тыс. км<sup>2</sup> [7]. Учетный створ находился в 120 км от устья реки. В разные годы в период наблюдений ширина реки на створе изменялась от 80 до 157 м, максимальная глубина русла — от 0.7 м подо льдом до 7.5 м в ледоход. Река Войкар — протяженность 225 км, площадь водосборного бассейна 7.53 тыс. км<sup>2</sup> [7]. Учетный створ оборудован в 36 км от устья. За годы наблюдений ширина реки в месте створа изменялась от 185 м в зимнюю межень до 236 м во время паводка, максимальная глубина русла реки — от 2.1 м в межень и до 5.4 м во время паводка. Река Сосьва — протяженность 190 км, площадь водосбора 6.32 тыс. км<sup>2</sup> [7]. Учетный створ находится в среднем течении реки в районе ур. Тусигорт. Ширина учетного створа в зимнюю межень — 95 м, перед ледоходом она увеличивается

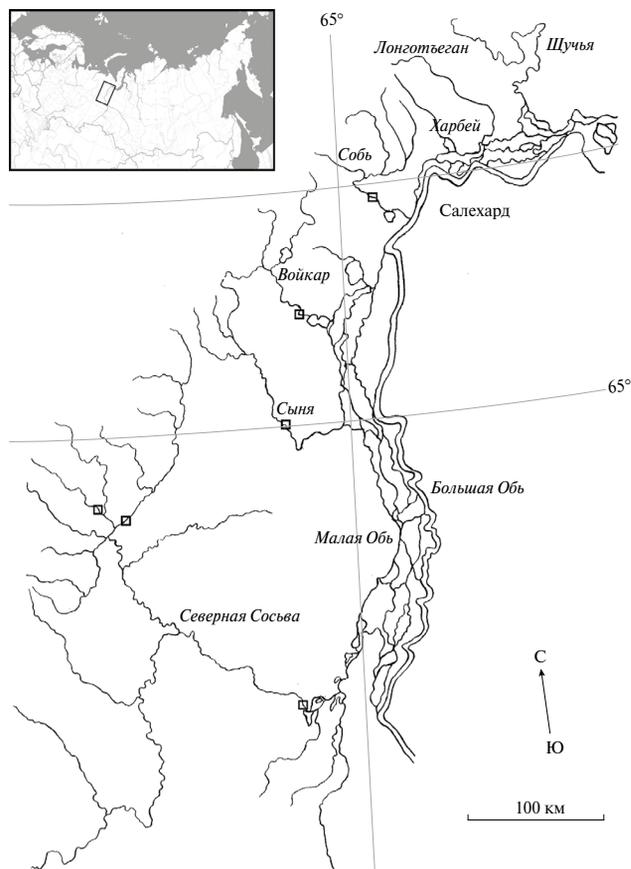


Рис. 1. Карта-схема расположения учетных створов (обозначены квадратом) на нерестовых притоках.

до 140 м, в пик половодья — около 180 м, максимальная глубина на стрежне в зимнюю межень — 2.3 м, перед ледоходом — до 4.7–5.3 м.

При сборе материала по скату личинок применяли метод учета стока [8, 9]. Всего собрано 5.8 тыс. проб. Видовую принадлежность личинок устанавливали по описаниям и определителю В.Д. Богданова [10].

Абсолютную численность личинок, прошедших через учетный створ, определяли по формуле (1), предложенной Д.С. Павловым [8]:

$$N = (Q_p m T) / Q_{\text{лов}}, \quad (1)$$

где:  $N$  — общее число личинок;  $Q_p$  — средний расход воды в реке за учетный период времени (м<sup>3</sup>/с);  $m$  — среднее арифметическое число личинок в пробах за расчетный период времени;  $T$  — расчетный период времени (сек), составляющий обычно 6, 12 или 24 ч.;  $Q_{\text{лов}}$  — расход воды через сетку, равный  $SVt$  (м<sup>3</sup>/с);  $S$  — площадь входно-

го отверстия ( $m^2$ );  $V$  – скорость течения в сетке (м/с);  $t$  – время лова (сек).

При определении погрешности метода учета численности личинок использовали ошибки, возникающие за счет изменения количества личинок в пробах, величины расхода воды и эффективности фильтрации ловушки. Используя данные «Гидрологических ежегодников», согласно которым систематическая погрешность определения расходов воды обычно составляет 5–10%, установили, что общая погрешность применяемого метода не превышала 40%, чаще была близка к 30% [11]. Эффективность фильтрации ловушки изменялась в зависимости от времени лова, скорости течения и количества выносимых взвесей от 0.8 до 0.7. Эта величина установлена эмпирически по соотношению скоростей течения в ловушке и потоке.

Взрослых рыб ловили ставными, плавными сетями и неводами. Биологический анализ проведен на свежем материале по общепринятым методикам [12]. Возраст рыб определен по чешуе. Индивидуальную абсолютную плодовитость самок (ИАП) определяли как

$$ИАП = \text{вес гонад} \times \text{количество икринок} \\ \text{в навеске} / \text{навеска.} \quad (2)$$

**Оценка водности поймы Оби.** При анализе гидрологического режима нижнего течения Оби для построения гидрографов уровня воды, вычисления средних уровней воды и длительности затопления поймы использовали данные о суточных уровнях воды в створе гидрологического поста (ГП) Салехард. Для характеристики водности сезона открытого русла применяли средний уровень за июнь – август – это период основного времени нагула пеляди в пойме. Длительность затопления определяли для отметки 3.8 м от нуля ГП Салехард (ноль поста – 0.52 м над ур. м.) [13], которая соответствует верхней границе затопляемого ежегодно нижнего экологического яруса поймы.

**Статистическая обработка материала.** Анализ и визуализация данных выполнены в программах «Past», v.2.17b [14] и «STATISTICA» [15]. Данные о численности скатывающихся личинок пеляди логарифмировали, что позволяет стабилизировать дисперсию и сделать временные ряды (и распределения наблюдаемых оценок) более симметричными. Для «свертки» данных ежегодных наблюдений численности личинок на четырех нерестовых реках в один общий временной

ряд (выделение общего сигнала) использовали метод главных компонент (PCA/EOF) – эмпирических ортогональных функций. Анализировали первую главную компоненту, воспроизводящую максимальную долю полной дисперсии исходного 4-мерного временного ряда. Для выявления скрытых периодичностей использовали гармонический, спектральный анализ, а для статистического моделирования – аппарат обобщенных регрессионных моделей (GRM) [16]. Для оценки связи численности генераций с гидрологическими факторами применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $r_{sp}$ ) и проводили линейный регрессионный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что в годы с невысокими и непродолжительными половодьями резко ухудшаются условия обитания обских рыб, нарушаются их воспроизводственные циклы, приводящие к снижению запасов [17–20]. Водность периода открытого русла и продолжительность затопления поймы определяют рыбопродуктивность бассейна. Размерный и весовой состав производителей пеляди отражает состояние, характерное для конкретных периодов водности, важный показатель которой – продолжительность стояния воды в пойме [17].

За период наблюдений на ГП Салехард (1934–2021 гг.) самый низкий средний уровень воды в июне–августе зафиксирован в 2012 г., самый высокий – в 1979 г. (рис. 2). За последние 40 лет низкий уровень воды этого периода наблюдался также в 1982, 1989, 1991, 1992, 1995, 2004 и 2005 гг. (рис. 3). Коэффициент вариации уровня воды июня – августа высокий ( $CV=19.1\%$ ), что указы-

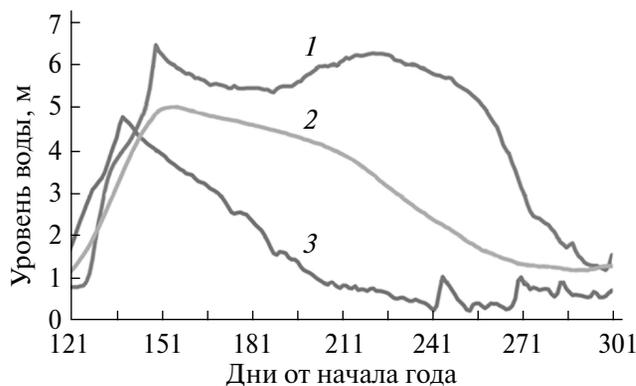
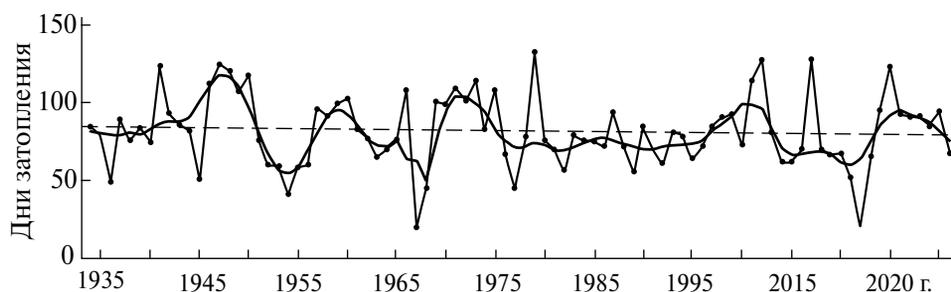
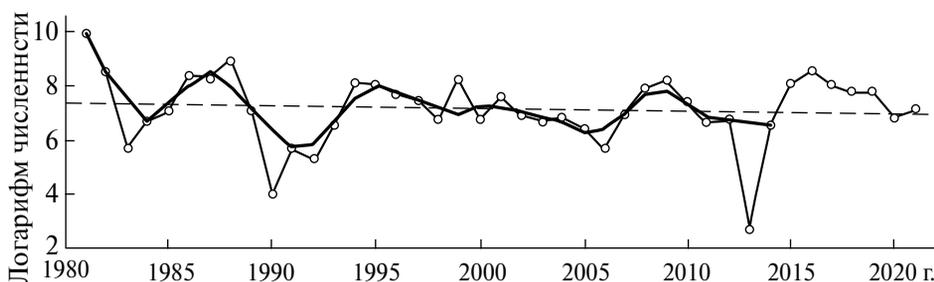


Рис. 2. Суточные гидрографы уровней воды: 1 – максимальной (1979 г.), 2 – усредненной (1934–2021 гг.), 3 – минимальной (2012 г.) водности (май–октябрь).



**Рис. 3.** Многолетняя динамика продолжительности затопления нижнего экологического яруса поймы в 1934–2021 гг. в Салехардском пойменном районе и ее линейный тренд (штриховая линия:  $y = 200.6 - 0.06t$ ) и локальное сглаживание (Lowess – жирная кривая).



**Рис. 4.** Динамика логарифма численности (Ln, млн экз.) поколений пеляди Нижней Оби, 1981–2021 гг.: пунктирная линия – линейный тренд численности поколения  $\text{Ln}SS = 26.4285 - 0.01t$ ; жирная кривая – локальное сглаживание (Lowess).

вает на выраженную от года к году изменчивость этого элемента гидрологического режима Оби. Длительность полного затопления нижнего экологического яруса поймы варьирует в широком пределе – от 21 до 132 дней, а средняя многолетняя продолжительность затопления – 81 день. Из-за снижения уровней воды в летние месяцы в последние четыре года длительность затопления поймы приближается к локальному минимуму.

Численность поколений пеляди Нижней Оби (сумма по четырем притокам) крайне изменчива (рис. 4). В среднем за годы наблюдений (1981–2021 гг.) общая численность поколения составила 2418 млн экз., минимальная (2013 г.) – 15 млн экз., максимальная (1981 г.) – 20 139 млн экз. (различие в 1350 раз). Появление многочисленных поколений в 2015–2019 гг. позволяет надеяться на восстановление запаса.

Среди исследованных нерестовых притоков ведущее значение в воспроизводстве пеляди за все годы наблюдений принадлежит р. Северной Сосьве и составляет в среднем около 70% (табл. 1), затем по значимости вклада в воспроизводство идут реки Сыня, Войкар, Сось. В последнее десятилетие наблюдается повышение значения северных нерестовых притоков (Войкар и Сось). Так, в р. Соби в 2015 г. численность скатившихся личинок пеляди впервые составила 83 млн экз. (2.4% от численности поколения) при среднем значении за многолетний период 8.4 млн. По сравнению с реками Войкаром и Сосью значение р. Сыни в воспроизводстве пеляди снизилось, что связано с локальными заморами из-за перемерзания нерестилищ, свойственных этому притоку, увеличением смертности икры от выедания рыбами, так как численность зимующих в районе нерестилищ окуневых увеличилась.

**Таблица 1.** Значение уральских нерестовых притоков р. Оби в воспроизводстве пеляди по десятилетиям, %

Годы	Река			
	Северная Сосьва	Сыня	Войкар	Сось
1981–1989	73.20	22.37	4.42	0.01
1990–1999	63.96	24.98	11.06	–
2000–2009	68.11	19.51	12.18	0.20
2010–2021	71.80	13.70	13.20	1.30

Прямым следствием понижения водности Оби является снижение репродуктивных показателей пеляди, так как это приводит к сокращению площади и продолжительности затопления поймы — основных мест нагула. Так, сокращение нагульного периода влечет за собой угнетение роста, снижение упитанности и плодовитости и в итоге приводит к замедлению полового созревания. Разница в массе производителей в маловодные и многоводные годы составляет 8% от массы тела у рыб длиной 31 см и 16–18% у рыб большего размера. В год с длительным периодом нагула линейные приросты впервые созревающей пеляди в 1.4 раза выше, чем в год со средней водностью, и в 2.4 раза выше, чем в маловодный. С меньшими значениями (в 1.2 и 1.8 раза) эта закономерность сохраняется у повторно созревающих рыб. Продолжительное стояние пойменных вод на Нижней Оби в 2014–2019 гг. способствовало увеличению репродукционных характеристик производителей пеляди. За 3 года многоводных и 3 года средней водности средние значения массы и длины тела пеляди в основных возрастных группах (4+ ... 6+ лет) увеличились на 158–182–184 г и 3.2–4.4–3.9 см соответственно. При одинаковой массе производителей пеляди в годы с разной продолжительностью нагула различия в плодовитости могут достигать 50% (рис. 5).

После нагула в год с очень высоким уровнем воды или после двух лет с высоким и продолжительным половодьем содержание жира в тушке у производителей пеляди на местах размножения составляет от 5.6 до 7.4% массы тела, тогда как в годы с плохими условиями нагула — только до 3.1–4.5% [21], что обуславливает распределение рыб преимущественно на нижних нерестилищах.

Обнаружена сильная синхронность ( $r_0 = 0.76$ ) динамики численности пеляди на реках Северная Сосьва и Войкар (рис. 6). Пики численности покатных личинок по времени совпадают,

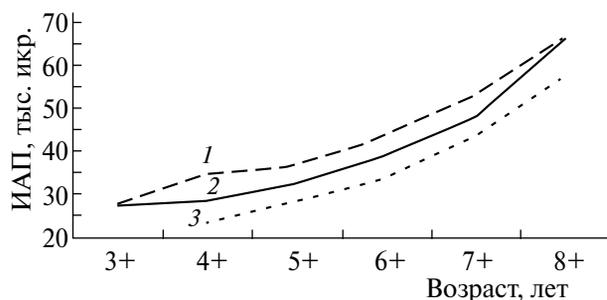


Рис. 5. Усредненная абсолютная индивидуальная плодовитость (ИАП) пеляди в разные по водности годы: 1 — многоводные, 2 — в среднем за годы наблюдений, 3 — маловодные.

а период между пиками составляет 7 лет. Синхронность с р. Сосьва слабее, очевидно, из-за периодического возникновения локальных заморозов. Указанный факт свидетельствует о том, что в первых двух реках имеется связь между численностью производителей и потомством, определяющаяся стабильно высоким выживанием икры на нерестилищах. Выживание икры на р. Сосьва ниже, и численность потомства в большей мере зависит от изменения условий инкубации, чем на других притоках.

Для выявления связи динамики численности рыб с водностью ряды по уровню и продолжительности затопления низкой поймы сопоставляли с данными по численности поколений сиговых рыб. Выявлена связь численности поколений пеляди с гидрологическим режимом предшествующего года (рис. 7). Более ранние исследования с использованием арифметической шкалы показывали наиболее сильную зависимость урожайности поколений пеляди от водности за год до нереста [22, 23]. Годы с длительным затоплением низкой поймы обуславливают высокую численность поколений сиговых рыб в последующие годы. При этом следует отметить явную синхронность, с лагом в один год, динамики численности

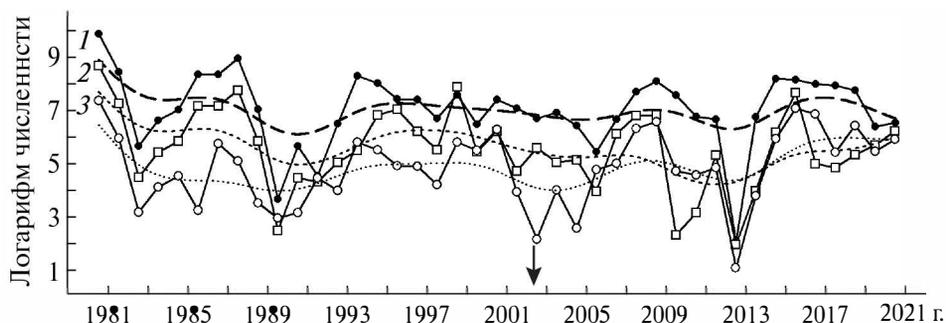
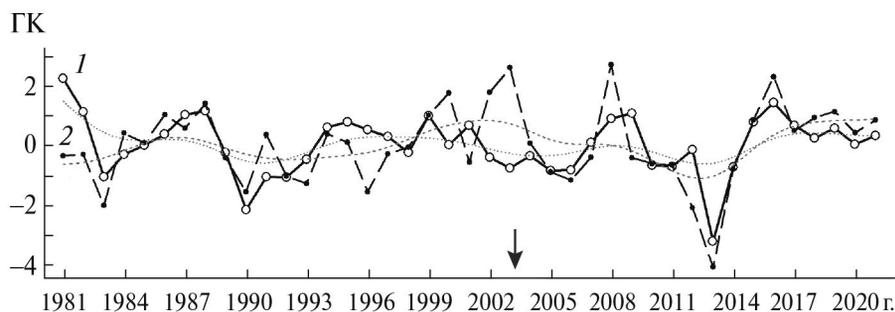


Рис. 6. Динамика численности покатных личинок пеляди (логарифм численности) на реках Северная Сосьва (1), Сосьва (2) и Войкар (3). Штриховые линии — соответствующее локальное сглаживание (*Lowess*).



**Рис. 7.** Динамика первой главной компоненты (ГК1) логарифма численности поколений пеляди в четырех уральских притоках (1 — кружки и сплошная линия) и ГК1 двух параметров режима поемности (2 — точки и штрих): среднего уровня июня — августа и длительности затопления отметки 3.8 м годом ранее, ГП Салехард. Стрелкой выделена максимальная рассогласованность динамики водности и численности поколений пеляди в 2003 г.

поколений пеляди с рядами продолжительности затопления низкой поймы.

при  $p = 0.010$ ). Численность пеляди была рекордно высокой.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях климатических изменений и значительных трансформаций ландшафтов водосборного бассейна р. Оби (вырубка леса, распашка земель, увеличение площади урбанизированных территорий, повышение безвозвратного водопотребления, рост зарегулированности и создание новых водохранилищ и др.) создаются условия для увеличения контрастности режима водности — годы экстремально низкой и экстремально высокой водности [24]. Средние месячные уровни воды и длительность затопления низкой поймы являются основными факторами, определяющими особенности режима поемности.

Полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют о зависимости количества скатывающихся личинок пеляди от гидрологических условий предшествующего года. При оценке уровня корреляции численности покатных личинок с гидрологическими факторами предшествующего года ( $t - 1$ ) — средним уровнем затопления поймы в июне — августе и длительностью затопления нижнего яруса поймы в Салехардском пойменном районе Оби выявлено, что эта зависимость больше от среднего уровня затопления поймы ( $r_{sp} = 0.606$  при  $p < 0.001$  и  $r_{sp} = 0.529$  при  $p = 0.001$  соответственно).

Для 1983—1990 гг. (период планового ведения хозяйства СССР) отмечена положительная, сильная, высокозначимая зависимость численности поколений пеляди от среднего уровня затопления поймы Оби в Салехардском пойменном районе предшествующего года ( $r_{sp} = 0.833$

Для периода 1991—2003 гг. (“лихие 90-е”) не выявлены значимые статистические связи между численностью поколений пеляди и средним уровнем затопления поймы предшествующего года ( $r_{sp} = 0.181$  при  $p = 0.553$ ). На рис. 7 стрелкой выделен 2003 г., когда наблюдалась максимальная рассогласованность динамики водности и численности поколений пеляди. На эти годы приходится и относительно низкая численность поколений пеляди. Благоприятный гидрологический режим должен был способствовать росту численности пеляди, но этого не произошло. Можно предположить, что основное негативное влияние на численность поколений оказал неконтролируемый промысел в этот период времени.

На интервал от 2004 г. до 2021 г. (период восстановления контроля добычи водных биоресурсов России) приходятся как неблагоприятные (2009—2012 гг.), так и очень благоприятные (2014—2019 гг.) гидрологические условия. Особенно неблагоприятным был 2012 г., который стал экстремальным по гидрологическому режиму для всего региона Нижней Оби за всю историю инструментальных наблюдений — исключительное маловодье и незаполнение нижнего яруса поймы водой. Однако именно во второй половине этого периода происходит резкий и продолжительный рост численности поколений пеляди, демонстрирующий их положительную, сильную, высокозначимую связь с длительностью затопления поймы ( $r_{sp} = 0.770$  при  $p < 0.001$ ). Численность поколений достигла уровня 1980-х годов. Уникальный по длительности период многоводья способствовал снижению нагрузки промысла, сохранению потенциала урожайных поколений 2008—2009 гг. рождения, росту попу-

ляционной плодовитости, нересту большей части рыб на горных нерестилищах. В целом нужно рассматривать синергетический эффект влияния этих факторов на динамику численности генераций.

Исходя из представлений о цикличности увлажнения ландшафта [25], был выполнен анализ цикличности среднего уровня воды июня – августа. Спектральный анализ ряда средних уровней воды летних месяцев и логарифма численности особей в генерациях показывает единственный совпадающий период – 7 лет (рис. 8). На основании этого вполне логично объяснить возникновение 7-летнего периода динамики численности генераций (от пика до пика) естественной причиной, обусловленной выраженной (с лагом в один год) 7-летней цикличностью стока Оби, что обеспечивает существование самой многочисленной в мире популяции речной пеляди. Наличие таких циклов позволяет прогнозировать фазы депрессии и пика численности пеляди.

Примечательно, что из сиговых рыб Нижней Оби высокой численности достигает вид, динамика которого совпадает с циклами водности. Продолжительные периоды большой водности Оби создают эколого-биологические предпосылки формирования высокой численности популяции пеляди. У пеляди наблюдается планктонный тип питания, а продукция зоопланктона значительно выше в многоводные годы [20, 26], когда на длительный срок затапливаются обширные пространства понижений поймы и автоматически улучшаются условия нагула планктофагов.

Установлено, что уровень и продолжительность стояния воды в пойме Оби предшествующим летом – фактически основной естественный фактор, влияющий на численность особей в генерациях пеляди. Водность поймы Оби сильнее влияет на численность покатных личинок пеляди в р. Северной Сосьве и, по убывающей, на реках Сыне и Войкаре. Менее всего водность поймы влияет на численность покатных личинок в р. Сось (рис. 9), так как основные места нагула пеляди находятся выше ее устья.

В реку Северную Сосьву обычно заходит в среднем более крупная пелядь, чем в другие нерестовые притоки Нижней Оби [27]. В пределах нерестовой реки более крупные и жирные производители поднимаются на верхние (горные) участки нерестилищ. Плодовитость самок, размножающихся на нижних нерестилищах, в 1.5

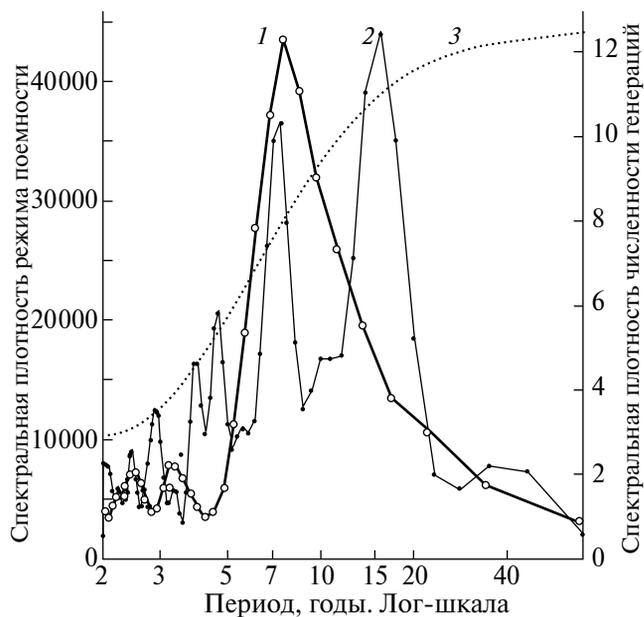


Рис. 8. Спектральная плотность временных рядов: 1 – логарифма численности генераций пеляди (1981–2021 гг.) и 2 – среднего уровня воды Оби в июне – августе по ГП Салехард 1934–2021 гг.; 3 – 95%-ный уровень доверия.

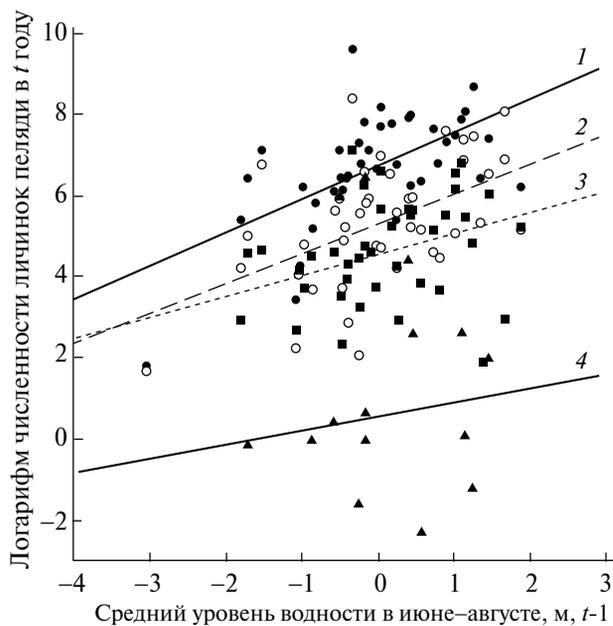


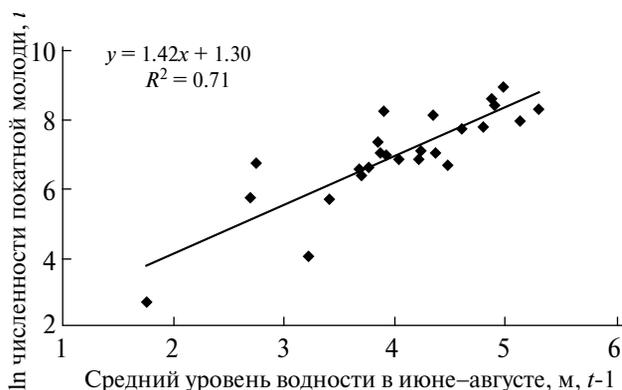
Рис. 9. Зависимость логарифма оценок численности покатных личинок пеляди (для 4 притоков) от среднего (июнь–август) уровня Оби (ГП Салехард) в предшествующем ( $t-1$ ) году (данные за 1981–2021 гг.). Регрессии: 1 – Северная Сосьва  $\ln(N_i)$ :  $y = 6.75 + 0.82x$ ;  $r = 0.60$ ;  $p < 0.001$ ; 2 – Сыня  $\ln(N_i)$ :  $y = 5.31 + 0.73x$ ;  $r = 0.50$ ;  $p = 0.001$ ; 3 – Войкар  $\ln(N_i)$ :  $y = 4.54 + 0.52x$ ;  $r = 0.38$ ;  $p = 0.014$ ; 4 – Сось  $\ln(N_i)$ :  $y = 0.56 + 0.34x$ ;  $r = 0.23$ ;  $p = 0.426$ . Свободные члены в уравнениях (и их разности) характеризуют средний вклад 4 притоков в воспроизводство пеляди Нижней Оби, а угловые коэффициенты – силу отклика на режим поемности.

раза ниже, чем размножающихся на верхних. Выживание икры на верхних нерестилищах в 4–5 раз выше, чем на нижних. В результате от одного и того же количества самок на горных нерестилищах может появиться в 50 раз больше личинок, чем на нижних, а на верхние нерестилища могут подняться высококачественные особи, которые появляются в массовых количествах только в годы многоводья в пойме Оби. При этом многочисленная генерация, вступая в воспроизводство на четвертый и пятый годы жизни, не дает такого эффекта, как на шестой и седьмой годы.

Таким образом, размерный и весовой состав производителей отражает состояние, характерное для конкретных периодов водности, важный показатель которой – уровень и продолжительность стояния воды в пойме. Высокая и продолжительная водность на Нижней Оби в 70-е годы XX в. и в 2014–2019 гг. способствовала значительному увеличению репродукционных характеристик производителей пеляди и в итоге рекордному росту численности генераций. При этом условия водности поймы Оби в год, предшествующий нересту, могут более сильно влиять на структуру нерестовых стад пеляди и их распределение по нерестилищам по сравнению с условиями водности в год нереста.

На основе полученных многолетних данных было построено уравнение натурального логарифма численности особей в генерациях пеляди Нижней Оби от среднего (июнь – август) уровня затопления поймы реки Оби (ГП Салехард) в предшествующем ( $t-1$ ) году:  $y = 1.42x + 1.30$  при  $R^2 = 0.71$  (рис. 10). При наличии связи численности особей в генерациях пеляди с динамикой уровня и продолжительности затопления низкой поймы Оби появляется возможность прогнозировать численность популяции. В обобщенном виде цепь событий, приводящих к появлению высокочисленных генераций пеляди, следующая: высокое и длительное стояние воды в пойме за год до нереста и в год нереста – повышение темпа весового роста – повышение популяционной плодовитости – размножение на верхних нерестилищах – повышенное выживание икры – появление многочисленного потомства.

В последние годы для восстановления запасов рыб Оби все больше внимания уделяется искусственному воспроизводству сиговых рыб в ущерб сохранению естественного. В качестве основного объекта искусственного воспроиз-



**Рис. 10.** Зависимость натурального логарифма суммы оценок численности личинок пеляди (генерации) от среднего (июнь–август) уровня реки Обь (ГП Салехард) в предшествующем ( $t-1$ ) году (данные за 1981–1990 и 2004–2021 гг.). Черная линия – линия тренда. График построен без учета данных 1991–2003 гг., когда в бассейне Нижней Оби наблюдался неконтролируемый промысел производителей пеляди (пояснение в тексте).

ства и компенсации ущерба водным биоресурсам в бассейне Оби [28] много лет используется пелядь. Полученные данные динамики генераций за многолетний период показывают, что пелядь в бассейне Оби в настоящее время не нуждается в искусственном воспроизводстве. Для сохранения высокого уровня естественного воспроизводства необходимо прекратить сбор икры обской пеляди на р. Северной Сосьве для рыболовных целей, что отмечали ранее другие исследователи [23].

## ВЫВОДЫ

1. Ведущее значение в воспроизводстве пеляди Оби за период с 1981 г. по 2021 г. неизменно принадлежит р. Северной Сосьве. В последние годы увеличивается значимость северных притоков (рек Войкар и Сосьва) в ее воспроизводстве и снижается вклад р. Сыни.
2. Колебания численности генераций пеляди тысячекратные. В популяции пеляди Оби в 2015–2018 гг. появились генерации выше средней многолетней величины, что не происходило 30 лет.
3. Выявлена положительная статистически высокозначимая зависимость численности особей в генерациях пеляди от гидрологического режима Оби. Несколько лет подряд (4–6) длительное затопление низкой поймы приводит к значительному росту численности популяции пеляди. Изменения численности особей в генерациях пеляди

и продолжительности затопления низкой поймы происходят синхронно, с лагом в один год.

4. Водность поймы Оби более сильно влияет на численность покатных личинок пеляди в р. Северной Сосьве и в меньшей степени, по убывающей, на реках Сыня, Войкар и Сось.

5. Выявлены 7-летние циклы численности особей в генерациях пеляди (по максимальным пикам), совпадающие с лагом в 1 год с водностью Нижней Оби, что обеспечивает существование самой многочисленной в мире популяции речной пеляди.

6. Уравнение натурального логарифма численности особей в генерациях пеляди Нижней Оби от среднего (июнь – август) уровня Оби (по ГП Салехард) в предшествующем ( $t-1$ ) году может быть использовано для прогноза урожайности поколений.

Работа выполнена в рамках Государственных заданий ФГБУН ИЭРиЖ УрО РАН по темам «Состояние и динамика биоресурсов животного мира Уральского региона, разработка научных основ его мониторинга и охраны» (№ 122021000084-4) и «Эколого-демографические механизмы устойчивости, структурно-функциональной организации и адаптивных перестроек популяций и сообществ в меняющейся среде» (№ 122021000085-1).

Авторы выражают благодарность д. б. н. Л. Н. Агафонову за предоставленный материал по водности поймы Оби. Также признательны сотрудникам ИЭРиЖ УрО РАН (ИЭРиЖ УрО АН СССР), которые собирали материал, использованный в статье: С. М. Мельниченко (1981–1994 гг., р. Северная Сосьва), к. б. н. П. П. Прасолову (1986–1992 гг., р. Войкар), д. б. н. М. Г. Головатину (1986–2012 гг., р. Войкар), А. Л. Гаврилову (1991–2020 гг., р. Сыня), Л. Н. Степанову (1996–2011 гг., р. Северная Сосьва), Л. С. Горбунову (2021 г., р. Сыня).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и подтверждают, что в работе при использовании живых организмов в качестве объектов исследования соблюдались правовые и этические нормы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крохалевский В. Р. Морфологические особенности и пространственная структура популяции пеляди

реки Оби // Изв. НИИ озерного и речного рыбн. хоз-ва. 1978. Вып. 133. С. 56–67.

2. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Тов-во научных изд. КМК, 2006. 596 с.
3. Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Госькова О. А. и др. Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Сыня, Войкар, Сось). Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 135 с.
4. Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Госькова О. А. и др. Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Харбей, Лонготъеган, Шучья). Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 236 с.
5. Богданов В. Д. Современное состояние воспроизводства сиговых рыб Нижней Оби // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2008. № 9. С. 33–37.
6. Гаврилов А. Л., Госькова О. А. Многолетняя динамика зараженности паразитами сиговых рыб с разной пищевой специализацией // Экология. 2018. № 6. С. 465–470.
7. Кеммерих А. О. Гидрография Северного, Приполярного и Полярного Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 138 с.
8. Пахоруков А. М. Изучение распределения рыб в водохранилищах и озерах. М.: Наука, 1980. 64 с.
9. Павлов Д. С., Нездолый В. К., Ходоревская Р. П. и др. Покатная миграция молоди рыб в реках Волга и Или. М.: Наука, 1981. 320 с.
10. Богданов В. Д. Морфологические особенности развития и определитель личинок сиговых рыб р. Оби. Екатеринбург, 1998. 54 с.
11. Богданов В. Д. Изучение динамики численности и распределения личинок сиговых рыб реки Северной Сосьвы. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 60 с.
12. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966. 376 с.
13. Государственный Водный Кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1984. Т. 1. Вып. 10. 320 с.
14. Hammer O. PAST Paleontological Statistics. Version 3.18. Reference Manual. 2017. 259 p.
15. Weiss C. H. StatSoft, Inc., Tulsa, OK.: STATISTICA, Version 8 // AStA Advances in Statistical Analysis. 2007. V. 91. № 3. P. 339–341.  
<https://doi.org/10.1007/s10182-007-0038-x>
16. Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Изд-во “Диалектика”, 2017. 912 с.
17. Богданов В. Д., Агафонов Л. И. Влияние гидрологических условий поймы Нижней Оби на воспроизводство сиговых рыб // Экология. 2001. № 1. С. 50–56.
18. Матковский А. К., Красноперова Т. А. Рост муксуна *Coregonus tuksun* в различных условиях водности р. Обь // Биология внутренних вод. 2022. № 3. С. 278–289.

19. Попов П. А. Влияние уровня режима водоемов реки Оби на экологию рыб // Изв. АО РГО. 2022. № 2. С. 59–77.
20. Матковский А. К., Кочетков П. А., Степанова В. Б. и др. Обеспеченность пищей необходимых объемов искусственного воспроизводства осетровых и сиговых видов рыб в водных объектах Обь-Иртышского бассейна // Вестник рыбохозяйственной науки. 2017. Т. 4. № 1. С. 20–40.
21. Мельниченко С. М. Содержание жира у пеляди при миграции на нерест в р. Северной Сосьве // Экологическая энергетика животных. Свердловск, 1988. С. 118–124.
22. Богданов В. Д. Состояние воспроизводства сиговых рыб Нижней Оби // Перспективы и пути развития рыбной промышленности и охотничьего хозяйства в Ханты-Мансийском автономном округе. Мат-лы научно-практической конф. Ханты-Мансийск: Изд-во ГУП ХМАО «Информационно издательский центр», 2003. С. 164–172.
23. Матковский А. К., Крохалевский В. П. Изучение закономерности изменения численности пеляди (*Coregonus peled*) бассейна реки Оби // Вопросы рыболовства. 2010. Т. 11. № 2. С. 280–299.
24. Neill A.J., Birkel Ch., Maneta M.P. et al. Structural changes to forests during regeneration affect water flux partitioning, water ages and hydrological connectivity: Insights from tracer-aided ecohydrological modeling // Hydrology and Earth System Sciences. 2021. V. 25. Is. 9. P. 4861–4886.
25. Петров И. Б. Обь-Иртышская пойма (типизация и качественная оценка земель). Новосибирск: Наука, 1979. 136 с.
26. Крохалевская Н. Г., Алексюк В. А. Зоопланктон, его продукция и сток биомассы в нижнем течении Оби // Биология и экология гидробионтов экосистемы Нижней Оби. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. С. 3–11.
27. Мельниченко И. П., Богданов В. Д. Современное состояние нерестового стада пеляди р. Северной Сосьвы // Научный вестник. Вып. 6. Т. 2. Экология растений и животных севера Западной Сибири. Салехард, 2006. С. 24–27.
28. Литвиненко А. И., Семенченко С. М., Капустина Я. А. Искусственное воспроизводство ценных видов рыб Урала и Сибири: состояние, проблемы и перспективы // Труды ВНИРО. Аквакультура. 2015. Т. 153. С. 77–78.

## Generation Abundance Dynamics of Peled at the Lower Reaches of the Ob' River in 1981–2021

V. D. Bogdanov<sup>1, \*</sup>, I. A. Kshnyasev<sup>1</sup>, I. P. Melnichenko<sup>1</sup>, A. R. Koporikov<sup>1, \*\*</sup>, O. A. Goskova<sup>1</sup>, Ya. A. Kizhevator<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, 620144, Russia*

*\*e-mail: Bogdanov@ipae.uran.ru*

*\*\*e-mail: Koporikov@mail.ru*

The generation abundance of peled has been assessed at the lower reaches of the Ob' River. Based on data on the number of larvae migrated downstream from spawning grounds, obtained in 1981–2021 on the main spawning rivers, current population structure of peled at the lower reaches of the Ob' River is described, the influence of anthropogenic factors and of the water content of the Ob' River floodplain on peled reproduction is analyzed. The Severnaya Sos'va River definitely plays a decisive role in the reproduction of peled. In recent years, there has been an increase in the contribution of the Voikar and Sob' rivers. Seven-year cycles have been identified (between the peaks in the larvae number); their maximums coincide with the peaks of water content at the lower reaches of the Ob' River with a 1-year lag, which supports the world's largest river peled population abundance. The presence of such cycles makes it possible to predict phases of high fish abundance. An equation describing the dependence of the generation size of peled at the lower reaches of the Ob' River on the average water level of Ob' River in June–August at the Salekhard gauging level in the previous year is proposed.

**Keywords:** floodplain, water content of the Ob' River, whitefish, spawning tributaries, reproduction, generation, larvae, population dynamics