

УДК 639.2.03

ВЛИЯНИЕ УРОВНЕВОГО РЕЖИМА И ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ОКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ФИТОФИЛЬНЫХ ВИДОВ РЫБ

© 2025 г. Л. М. Минина^{а, *}, А. Е. Минин^а, Р. К. Катаев^а, В. В. Вандышева^а

^аНижегородский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Нижний Новгород, Россия

*e-mail: minina@nizhegorod.vniro.ru

Поступила в редакцию 21.03.2024 г.

После доработки 24.06.2024 г.

Принята к публикации 25.06.2024 г.

Впервые для нижнего течения р. Оки в пределах Нижегородской обл. оценено совокупное влияние уровневого и температурного режимов на эффективность естественного воспроизводства фитофильной группы рыб. Изменения площадей нерестовых участков р. Оки при различных уровнях воды впервые исследованы с помощью космических снимков. Границы 45 нерестовых участков привязаны к географической сети координат по космическим снимкам Landsat, определены 20 вариантов площади нерестилищ при различных уровнях воды. Выявлено, что площадь нерестилищ может изменяться в 12 раз в зависимости от уровня воды. Получена формула зависимости площади нерестилищ от уровня воды (применима в диапазоне уровней 67.00–74.52 м). Приведены данные по срокам нереста рыб в р. Оке. Установлено, что среднепогодная медиана относительной численности сеголетков фитофильных видов рыб в р. Оке (в пределах Нижегородской обл.) – 4.9 тыс. экз./га, что в 2.9 и 1.6 раз больше, чем в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах соответственно. Получены частные коэффициенты множественной корреляции между показателями уровневого режима в нерестовый период и численностью сеголетков различных видов рыб.

Ключевые слова: р. Ока, уровни воды, температура воды, нерестилища, естественное воспроизводство рыб, космические снимки Landsat

DOI: 10.31857/S0320965225010188, **EDN:** CDQMZG

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что р. Ока является высокопродуктивным водотоком. Повышенная рыбопродуктивность р. Оки связана, вероятно, с ее мелководностью и высокой первичной продукцией (Логинов и др., 2020), а также с наличием достаточного количества биогенов (Охапкин и др., 2015).

Динамика уровней воды в нерестовый период имеет важнейшее значение для успешного размножения фитофильных видов рыб в водных объектах, в том числе р. Оке (Иванчева, 2005; Интесова и др., 2009; Górski et al., 2010; Шакирова и др., 2012; Логинов, 2016; Жезмер, Бубер, 2018; Чавычалова, Фомин, 2018; Быков, 2022), поскольку площадь нерестилищ зависима от уровневого режима (Подоляко и др., 2012; Васильев и др., 2016; Чавычалова и др., 2020). Значимость различных параметров уровневого режима для разных видов рыб может различаться в зависимости от экологии вида (Герасимов, Поддубный, 2000).

Температурный режим также важнейший фактор, влияющий на успешность нереста фито-

фильных видов рыб р. Оки. Низкие температуры воды в мае неблагоприятно воздействуют на успешность нагула молоди (Иванчева, 2005), а резкие перепады негативно сказываются на продуктивности нереста фитофилов (Быков, 2022).

Согласно данным (Иванчева, Иванчев, 2008), динамика численности рыб в среднем течении р. Оки показывает тенденцию к снижению. Главными причинами этого называются сокращение нерестовых территорий и неблагоприятный гидрологический режим. Низовья р. Ока считаются одним из важнейших воспроизводственных участков Чебоксарского водохранилища. Большое количество личинок рыб скатывается в Чебоксарское водохранилище, тем самым восполняя его естественную и промысловую убыль ихтиомассы и видовое разнообразие (Минина, Минин, 2022). По отношению к нерестовому субстрату, в ихтиофауне нижнего течения р. Оки преобладают фитофилы (80%). По данным А.Д. Быкова (2021), в среднем течении фитофилы также доминируют (81%). Однако большинство ихтиологических исследований проводили

в верхнем и среднем течении р. Оки, данные по влиянию гидрорежима на нерест рыб в ее нижнем течении отсутствуют. В связи с этим важно изучение зависимости естественного воспроизводства фитофильных видов рыб от уровня режима низовий р. Оки в нерестовый период.

Длина р. Оки в пределах Нижегородской обл. 279.4 км, площадь акватории 10.4 тыс. га. Низовья р. Оки являются частью Чебоксарского водохранилища, поскольку до 44 км от ее устья распространяется зона выклинивания подпора Чебоксарского гидроузла (по данным Верхне-Волжского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды). Годовая динамика расходов и уровней воды р. Оки характеризуется высоким половодьем, относительно низкой летне-осенней меженью с периодическими паводками и устойчивой зимней меженью. Подъем уровня воды во время половодья происходит быстро и интенсивно.¹ Затопливаются обширные территории пойменных лугов, тем самым создаются благоприятные условия для размножения фитофильных видов рыб. Кроме того, нерестилища р. Оки в пределах Нижегородской обл. представлены устьевыми участками рек, заливами, воложками и прибрежными мелководьями.

При картировании нерестовых участков и определении их площадей успешно применяются географические информационные системы с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса (Золотухин, Ходжер, 2007; Тюрнин, 2007; Комарова, Филоненко, 2015; Калюжная и др., 2017).

Цель работы – оценить влияние сочетания гидрологических факторов на показатели естественного воспроизводства фитофильных видов рыб: найти с помощью космических снимков связь между уровнями воды в нерестовый период и площадями нерестилищ в р. Оке в границах Нижегородской обл., дать анализ динамики уровней воды в различные по водности годы и температурных кривых р. Оки, оценить значимость отдельных параметров уровня режима для успешного размножения фитофильных видов рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе рассматривается нижнее течение р. Оки в административных границах Нижегородской обл. от устья до 286 км судового хода.

Уровни воды в р. Оке получены по данным Центра регистра и кадастра на гидрологическом посту в г. Горбатов за 1987–2023 гг.²

¹ Технический отчет “Подготовка предложений по определению границ зон затопления на территории г. Нижний Новгород (городской округ Нижний Новгород) Нижегородской области”, 2021.

² <http://gis.vodinfo.ru/hydrographs/post/75328/levT>. Дата обращения 15.01.2024.

Расчет основных элементов весеннего половодья проводили в соответствии с рекомендациями (Научно-практический..., 2015). Вычисляли следующие параметры для каждого года с 1987 г. по 2023 г.: дата начала половодья, дата наступления максимального уровня, максимальный уровень воды, скорость подъема волны половодья, продолжительность подъема уровня воды, скорость спада волны половодья, продолжительность спада волны половодья, дата окончания половодья, продолжительность половодья.

Данные о температуре воды в р. Оке у г. Павлово предоставлены за 2001–2003 гг. Росгидрометом (Архив НижегородНИРО), за 2018 и 2019 гг., 2020–2023 гг. взяты из интернет-источников.^{3,4} Данные по срокам нереста собраны в ходе мониторинговых исследований Нижегородского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Границы нерестовых участков оцифрованы и географически привязаны с помощью геоинформационных систем (рис. 1), за основу взят список нерестовых участков в Приложении № 2 к Правилам рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.⁵ Дополнительно учтены площади нерестилища “Щепачевский затон”, рекомендованного для включения в перечень нерестовых участков.

Картирование границ нерестилищ проводили методом визуального дешифрирования и ручной оцифровки береговой линии по космическим снимкам Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 и Landsat 9 (мультиспектральным изображениям со средним разрешением каналов видимой части спектра 30 м/пиксель) за 1996, 1998, 2000–2002, 2006, 2007, 2009–2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2022, 2023 гг. Использовано 20 космических снимков по акватории р. Оки за нерестовый период (1 апреля–10 июня).

Данные по количественным показателям эффективности размножения фитофильных видов рыб собраны в соответствии со стандартными методами (Котляр, 2004; Сечин, 2010) в ходе неводных съемок (мальковая волокуша и мальковый невод) на изучаемой части акватории р. Оки в 2001–2003, 2006, 2009, 2010, 2018, 2019, 2021–2023 гг. Проанализирован 71 улов мальковой волокуши и 42 улова малькового невода.

³ <https://pogoda1.ru/pavlovo/2018/>. Дата обращения 18.01.2024.

⁴ <https://seatemperature.ru/monthly/pavlovo-russia-sea-temperature-in-april-9366>. Дата обращения 19.01.2024.

⁵ Приказ Минсельхоза России от 13.10.2022 г. № 695. Приказ Минсельхоза России от 13.10.2022 г. № 695 “Об утверждении правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна”. Доступно через: <http://www.consultant.ru/> 31.05.2023. Вступил в силу 01.03.2023.

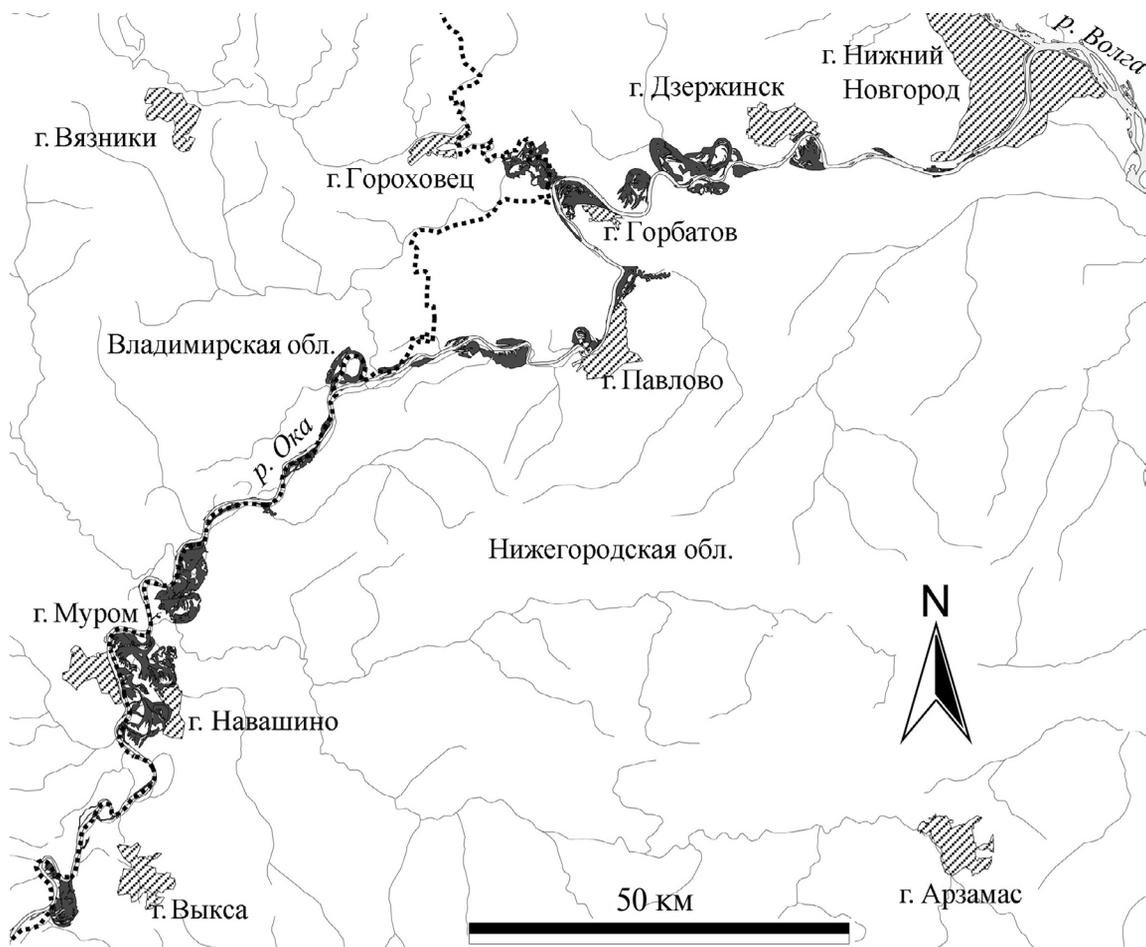


Рис. 1. Расположение нерестовых участков р. Оки (темная сплошная заливка) в пределах Нижегородской обл. (пунктир – границы регионов).

Для получения относительной численности сеголетков вычисляли средневзвешенные показатели эффективности воспроизводства (экз./га) с учетом площади глубин, облавливаемых соответствующими орудиями лова (мальковой волокушей – 0–1 м, мальковым неводом – 0–3 м). Площади мелководий определяли по карте глубин р. Оки (Минин, Минина, 2013).

С помощью метода множественной корреляции получены частные коэффициенты корреляции между показателями уровня режима низовий р. Оки и урожайностью отдельных видов рыб.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По сведениям многолетних мониторинговых исследований, нерест большинства фитофильных видов рыб р. Оки проходит с конца апреля до конца мая (табл. 1)

Типичный вариант динамики уровня воды р. Оки в нерестовый период – колоколообразная кривая с плавным подъемом и спадом (рис. 2). По

Таблица 1. Сроки нереста основных фитофильных видов рыб нижнего течения р. Оки

Вид	Начало	Окончание	<i>T</i>
Щука	16–20 апреля	20–25 мая	4.0–15.0
Язь	20–25 апреля	05–10 мая	7.0–10.0
Плотва	29 апреля–5 мая	15–20 мая	9.0–16.0
Лещ	01–08 мая	01–05 июня	11.0–18.0
Густера	14–25 мая	10–15 июня	13.0–20.0

Примечание. *T* – диапазон температур, °С.

данным о температуре воды р. Оки в нерестовый период 2001–2003 гг. и 2018–2023 гг. (рис. 3), в середине апреля начинается ее подъем, в первых числах мая температура становится >10°C.

По результатам дешифрирования космических снимков, оцифрованы и привязаны к географической сети координат границы 45 нерестовых участков р. Оки, определено 20 вариантов их площади при различных уровнях воды (рис. 4).

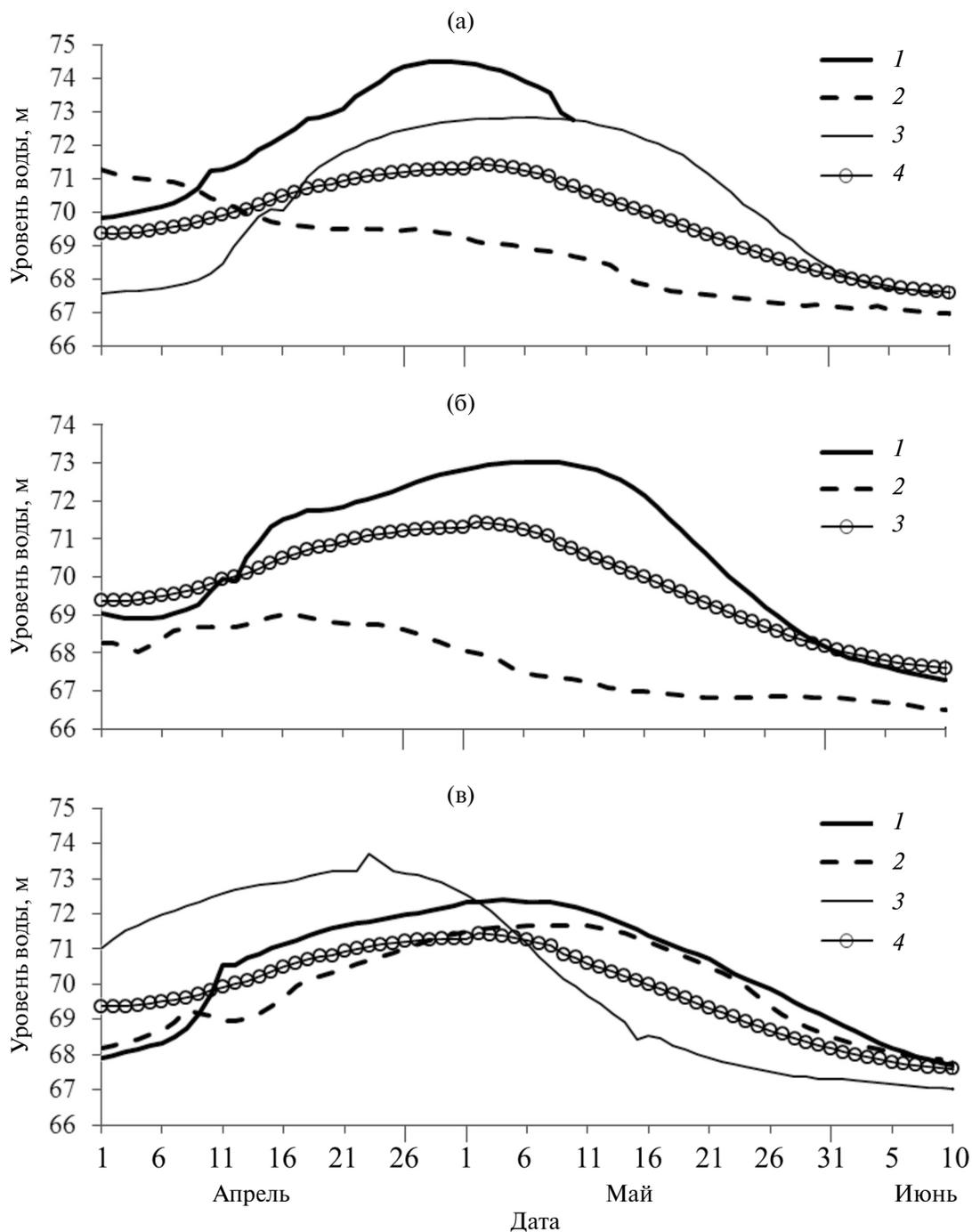


Рис. 2. Динамика уровня воды р. Ока в разные по водности годы. (а: 1 – 2001 г., 2 – 2002 г., 3 – 2003 г., 4 – среднее (2001–2023 гг.) б: 1 – 2018 г., 2 – 2019 г., 3 – среднее (2001–2023 гг.); в: 1 – 2021 г., 2 – 2022 г., 3 – 2023 г., 4 – среднее (2001–2023 гг.).

Получена регрессионная зависимость площади нерестилищ от уровня воды:

$$y = 0.4189x^2 - 56.091x + 1879.4, \quad (1)$$

где y – площадь нерестилищ, x – уровень воды.

Проведено сопоставление площадей нерестилищ в нерестовый период и урожайности поколений фи-тофильных видов рыб р. Оки (густеры *Blicca bjoerkna*

(L., 1758), жереха *Aspius aspius* (L., 1758), карася се-ребряного *Carassius auratus* (L., 1758), красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (L., 1758), леща *Abramis brama* (L., 1758), плотвы *Rutilus rutilus* (L., 1758), уклейки *Alburnus alburnus* (L., 1758), щуки *Esox lucius* L., 1758, язя *Leuciscus idus* (L., 1758)) (рис. 5).

Медиана относительной численности сеголет-ков фи-тофильных видов рыб в р. Оке (в пределах

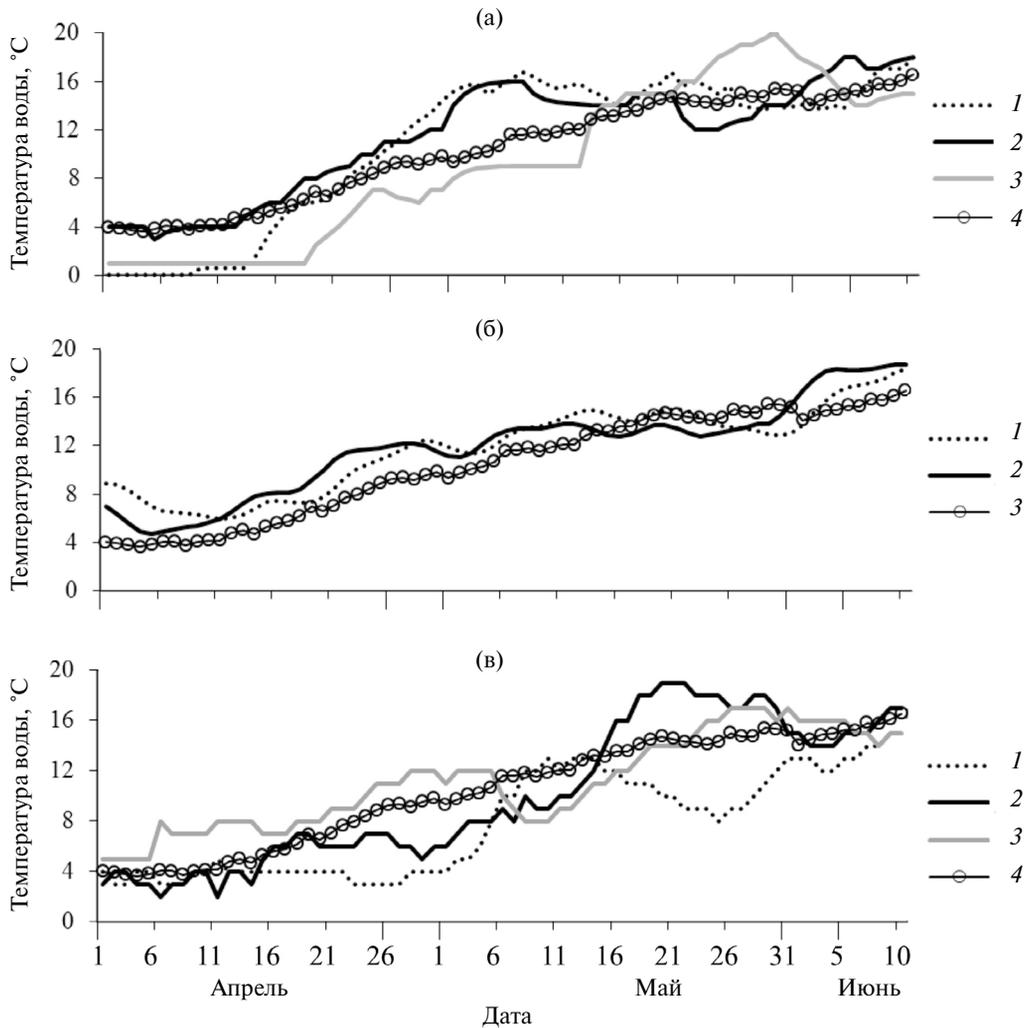


Рис. 3. Динамика температуры воды р. Ока (у г. Павлово) в нерестовый период в разные годы. (а: 1 – 2001 г., 2 – 2002 г., 3 – 2003 г., 4 – среднее (2001–2003, 2018–2023 гг.); б: 1 – 2018 г., 2 – 2019 г., 3 – среднее (2001–2003, 2018–2023 гг.); в: 1 – 2021 г., 2 – 2022 г., 3 – 2023 г., 4 – среднее (2001–2003, 2018–2023 гг.).

Нижегородской обл.) – 4.9 тыс. экз./га, что в 2.9 раза больше, чем в Горьковском водохранилище, и в 1.6 раза больше, чем в Чебоксарском (Минина, Минин, 2022).

Анализ показал наличие статистически достоверной корреляции относительной численности сеголетков с параметрами половодья у пяти филовидных видов рыб (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученное уравнение (1) позволяет определять площади нерестилищ нижнего течения р. Оки в годы различной водности и применимо для диапазона уровней воды 67.00–74.52 м.

Река Ока – незарегулированный водный объект, если не считать ее низовьев, на которые распространяется подпор Чебоксарского водохранилища (от устья до 44 км судового хода).

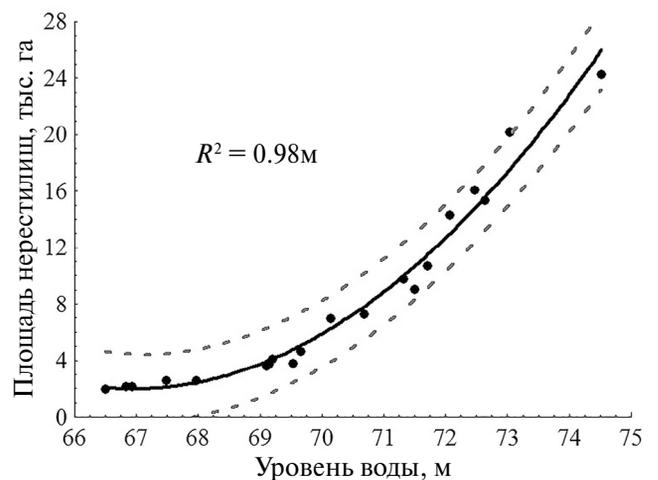


Рис. 4. Зависимость площади нерестовых участков р. Оки от уровня воды ($n = 20$). Сплошная линия – кривая регрессии, пунктир – границы 95%-ного доверительного интервала для регрессионной кривой.

Таблица 2. Частные коэффициенты корреляции между параметрами половодья и относительной численностью сеголетков фитофильных рыб низовий р. Оки ($n = 8$)

Виды	V_1	A_1	t	max	H	V_2	A_2	K
Лещ	–	–0.96, $p = 0.002$	–	0.88, $p = 0.022$	–	–	0.96, $p = 0.002$	–
Плотва	–	–	–	–	–	–	0.94, $p = 0.005$	–
Щука	–0.93, $p = 0.021$	–	–	–	–	0.94, $p = 0.016$	–	–0.90, $p = 0.037$
Уклейка	–	–	–	–	–0.88, $p = 0.008$	–	–	–
Густера	–	–	0.86, $p = 0.006$	–	–	–	–	–

Примечание. V_1 – скорость подъема волны половодья; A_1 – амплитуда подъема уровня воды; t – продолжительность подъема волны половодья; max – максимальный уровень воды; H – дата наступления максимального уровня; V_2 – скорость спада волны половодья; A_2 – амплитуда спада уровня воды; K – дата окончания половодья; “–” – корреляция отсутствует.

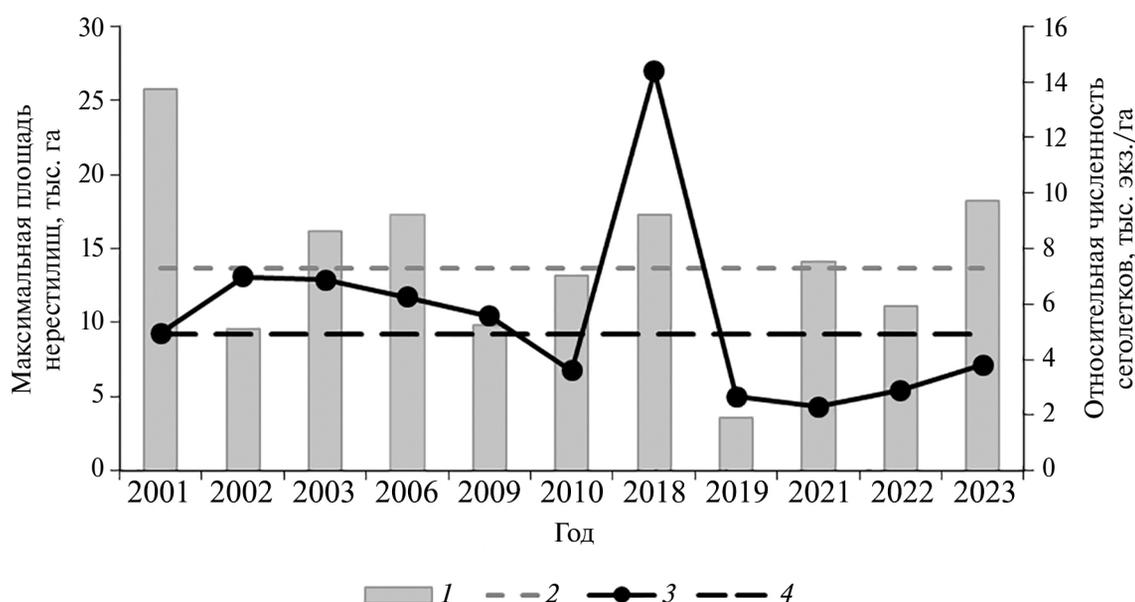


Рис. 5. Межгодовая динамика максимальной площади нерестилищ р. Оки и относительной численности сеголетков фитофильных видов рыб. 1 – максимальная площадь нерестилищ, 2 – медиана максимальной площади нерестилищ, 3 – относительная численность сеголетков, 4 – медиана относительной численности сеголетков.

В условиях естественного уровня режима р. Оки наблюдается более широкий диапазон изменений уровня воды в нерестовый период, соответственно, площадь заливания нерестовых угодий может значительно меняться. Анализ заливания нерестовых угодий, проведенный с помощью космических снимков и регрессионной модели (1) показал, что общая площадь нерестилищ изучаемой части р. Оки меняется в зависимости от уровня воды в пределах 2.0–24.2 тыс. га. Таким образом, площадь нерестилищ может варьировать в ≥ 12 раз. Для сравнения, разница площадей нерестовых участков при минимальном и максимальном уровнях затопления Чебоксарского

водохранилища составляет 1.4 раза (Минина и др., 2021), Горьковского – 1.2 раза (Minina, Minin, 2022).

Рассмотрим влияние совокупности двух факторов – водности года (и, соответственно, площади нерестилищ) и динамики температуры воды на урожайность поколений фитофильных видов рыб. Из графика на рис. 5 видно, что 2001 г. был самым многоводным. Однако численность сеголетков в этот год не достигла максимума, наибольшей она была в 2018 г. Оба года (2001 и 2018) выделялись очень благоприятным температурным режимом: весь май температура воды держалась $> 11^\circ\text{C}$ (рис. 3). Эти два года различались по ходу уровня воды

в нерестовый период (рис. 2): в 2001 г. половодье пошло на спад 1 мая, в 2018 г. — после 10 мая. В результате в 2001 г. пополнение фитофильных видов рыб оказалось на среднем уровне (благоприятное для ранненерестующих рыб — щуки), в 2018 г. — на максимальном (рис. 5).

В 2002 г. половодье началось очень рано, пик пришелся на 22 марта, и в мае уровень был уже низким (рис. 2), однако температура воды сохранялась благоприятной весь май, в результате чего численность пополнения немного превышала медианную (рис. 5). В 2003 г. численность сеголетков сохранилась примерно на том же уровне, поскольку половодье было высоким и долго не спадало (рис. 2), температура воды $>10^{\circ}\text{C}$ была с середины мая (рис. 3).

В 2019 г. столь же комфортный, как и в 2018 г., температурный режим не был дополнен многоводностью, наоборот, 2019 г. оказался самым маловодным из всего изучаемого периода. В результате, численность сеголетков была минимальной.

Последующие годы (2021 и 2022) можно отнести к средневодным. Температурные условия тоже были на среднем уровне: температура $<10^{\circ}\text{C}$ отмечена для 11 дней мая в 2021 г. и 9 дней мая в 2022 г. В целом гидрологические условия этих лет можно назвать не очень благоприятными. В связи с этим успешность размножения фитофильных видов рыб в 2021 и 2022 гг. тоже была ниже медианного уровня (рис. 5).

Температурный режим нерестового периода 2023 г. оказался неудовлетворительным: большую часть нерестового периода температура воды была ниже среднегодовой. При этом обводненность нерестилищ оказалась довольно высокой, и численность сеголетков лишь немного превышала таковую в предыдущие два года (рис. 5).

Таким образом, показатели успешности размножения фитофильных видов рыб в низовьях р. Оки зависят от баланса уровня и температурного режимов. Эффективность естественного воспроизводства максимальна при сочетании благоприятных гидрологических факторов. Аналогичные заключения сделаны А. Д. Быковым (2022) для низовий р. Оки в границах Владимирской обл. и Е. Ю. Иванчевой (2005) для среднего течения р. Оки.

Если рассматривать корреляцию эффективности воспроизводства с отдельными параметрами уровня режима в нерестовый период, то для различных видов рыб были значимы разные показатели (табл. 2). Так, на леща влияет комплекс факторов. В частности, получены высокие коэффициенты корреляции численности сеголетков с максимальным уровнем воды в половодье (0.88) и с амплитудой подъема волны половодья (–0.96). Таким образом, в нерестовый период для леща благоприятны как значительные уровни воды,

приводящие к увеличению площадей нерестилищ, так и подходящие температурные условия: при меньшем перепаде уровней (отрицательная корреляция) вода на нерестовых участках успевает лучше прогреться. Также существенно влияние амплитуды спада половодья (0.96): большие значения амплитуды спада свидетельствуют о низком уровне воды после половодья, что обеспечивает лучший прогрев воды и благоприятствует успешному нагулу молоди. Для плотвы амплитуда спада уровня (коэффициент корреляции 0.94), вероятно, влияет по такому же механизму.

Скорость спада волны половодья положительно коррелирует с численностью сеголетков щуки, что можно объяснить ранним началом нереста этого вида. По-видимому, быстрый спад воды приводит к выносу кормовых объектов с нерестилищ и их концентрирование, что благоприятствует успешному нагулу и выживаемости молоди щуки. Схожие явления отмечали и для другого хищного вида — судака Рыбинского водохранилища (Герасимов, Поддубный, 2000).

Густера — поздно нерестящийся вид и плавный подъем уровня благоприятно влияет на эффективность нереста (коэффициент корреляции с продолжительностью подъема уровня равен 0.86). Уклея оказалась чувствительной ко времени достижения максимального уровня, однако корреляция отрицательная (–0.88). В данном случае дополнительно влияет температурный фактор, поскольку плавность подъема и длительность повышения уровня обеспечивают условия для лучшего прогрева воды на нерестилищах. Для сравнения, в условиях Рыбинского водохранилища (Герасимов, Поддубный, 2000) наибольшее влияние на урожайность фитофилов в нерестовый период оказывают максимальный уровень воды и время достижения этого уровня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Площадь нерестилищ фитофильных рыб низовьев р. Оки (в границах Нижегородской обл.) в годы различной водности может меняться в широких пределах: соотношение между минимальным и максимальным значениями достигает 12.1 раза. Низовья р. Оки отличаются повышенной рыбопродуктивностью по сравнению с близлежащими водохранилищами (в 2.9 раза больше, чем в Горьковском и в 1.6 раза, чем в Чебоксарском), что связано с высоким уровнем первичной продукции. Сочетание благоприятных уровня и температурного режимов повышает эффективность естественного воспроизводства фитофильных видов рыб низовий р. Оки. Численность пополнения фитофильной группы рыб максимальна в многоводные годы только при благоприятном температурном режиме ($\geq 10^{\circ}\text{C}$ с первой по

третью декаду мая). Выявлено восемь факторов уровня режима в нерестовый период, влияющих на эффективность естественного воспроизводства фитофильных видов рыб низовий р. Оки: скорость, продолжительность и амплитуда подъема уровня воды, максимальный уровень воды и время его наступления, скорость и амплитуда спада уровня воды, время окончания половодья. Найдена зависимость между уровнем воды и площадью нерестилищ для нижнего течения р. Оки. Полученная формула в определенном диапазоне уровней воды может применяться для прогнозирования степени залития нерестилищ и оценки уровня воспроизводства рыб в конкретные годы. Проведенные исследования помогут оптимально использовать рыбные запасы р. Оки.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках госзадания Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии тема № 076-00001-24-00 (часть II, раздел 11) “Рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быков А.Д.* 2021. Видовой состав и распределение ранней молодежи рыб в период покатных миграций в среднем течении р. Ока // Тр. ВНИРО. Т. 186. № 4. С. 91.
<https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-91-100>
- Быков А.Д.* 2022. Результаты рыбохозяйственного обследования р. Ока в границах Владимирской области // Вопр. рыболовства. Т. 23. № 1. С. 32.
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2022-23-1-32-46>
- Васильев Ю.С., Масликов В.И., Шилин М.Б.* 2016. Режим регулирования стока Рыбинского водохранилища как основной фактор формирования экологической ситуации в осушенной зоне // Уч. записки Рос. гос. гидромет. ун-та. № 45. С. 28.
- Жезмер В.Б., Бубер А.Л.* 2018. Соответствие современных показателей гидроэкологического режима низовьев Волги основным требованиям нерестового цикла рыб Волго-Каспийского рыбопромыслового подрайона // Природообустройство. № 5. С. 21.
- Герасимов Ю.В., Поддубный С.А.* 2000. Влияние уровня режима на урожайность фитофильных рыб Рыбинского водохранилища // Вод. ресурсы. Т. 27. № 5. С. 554.
- Золотухин С. Ф., Ходжер Л. Ч.* 2007. Расчеты площади нерестового фонда лососей основных рек юга Амурского лимана // Изв. ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). Т. 148. С. 130.
- Иванчева Е.Ю., Иванчев В.П.* 2008. Динамика видового состава рыб и некоторые результаты ихтиомониторинга в среднем течении Оки (Рязанская область) // Вопр. ихтиологии. Т. 48. № 5. С. 625.
- Иванчева Е.Ю.* 2005. Динамика численности фоновых видов рыб в среднем течении Оки в 1970–2003 гг. // Роль заповедников лесной зоны в сохранении и изучении биологического разнообразия европейской части России: Матер. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Окского государственного природного биосферного заповедника. Сер. “Труды Окского государственного природного биосферного заповедника”. С. 225.
- Интересова Е.А., Ядренкина Е.Н., Савкин В.М.* 2009. Пространственная организация нерестилищ карповых рыб (Cyprinidae) в условиях зарегулированного стока верхней Оби // Вопр. ихтиологии. Т. 49. № 1. С. 78.
- Калюжная Н.С., Калюжная И.Ю., Хоружая В.В. и др.* 2017. Опыт изучения состояния нерестилища верхнего плеса Цимлянского водохранилища с использованием ГИС // Матер. междунар. конф. ИнтерКарто/ИнтерГИС. Т. 1. № 23. С. 308.
<https://doi.org/10.24057/2414-9179-2017-1-23-308-322>
- Комарова А.С., Филоненко И.В.* 2015. Оценка площади нерестилищ фитофильных рыб озера Белое с помощью ГИС-технологий // Матер. XIII Всерос. науч. конф. “Вузовская наука – региону” 25 февраля 2015 г. Вологда. С. 120.
- Котляр О.А.* 2004. Методы рыбохозяйственных исследований (ихтиология). Рыбное.
- Логинов В.В.* 2016. Влияние уровня режима Нижегородского гидроузла на воспроизводство рыбного населения // Ежемесячный научный журнал Научный фонд “Биолог”. № 2(16). С. 4.
- Логинов В.В., Минина Л.М., Кривдина Т.В. и др.* 2020. Об оценке распределения в пространстве и времени содержания хлорофилла фитопланктона Горьковского и Чебоксарского водохранилищ с помощью ГИС-технологий // Österreichisches Multiscience Journal. № 35. С. 3.
- Минин А.Е., Минина Л.М.* 2013. Районирование р. Ока по рыбохозяйственной значимости с применением ГИС-технологий // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Тр. Междунар. науч.-практ. конф. (28 мая–30 мая 2013 г., Пермь): в 3 т. Т. 3: Геоэкология и водная экология. Пермь: Пермск. гос. нац. исслед. ун-т. С. 42.
- Минина Л.М., Минин А.Е., Моисеев А.В.* 2021. Влияние динамики уровня воды в весенний период на площадь нерестилищ и эффективность естественного воспроизводства лимнофильных видов рыб Чебоксарского водохранилища // Тр. ВНИРО. Т. 185. С. 84.
<https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-185-84-93>
- Минина Л.М., Минин А.Е.* 2022. Особенности уровня режима Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в весенне-летний период и их влияние на нерест рыб // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 3. С. 46.
https://doi.org/10.35567/19994508_2022_3_4

- Научно-практический справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги [Электронный ресурс]. 2015. Ливны: издатель Мухаметов Г. В.
- Охапкин А.Г., Андриянова Н.В., Максимова В.А. и др. 2015. Динамика гидрохимического состава вод нижнего течения р. Ока // Вода: химия и экология. № 5. С. 15.
- Подолько С.А., Благова Ю.А., Штепина Л.А. 2012. Влияние обводненности пойменных нерестилищ нижней зоны дельты р. Волги на развитие молоди рыб и ее кормовой базы // Водные ресурсы Волги: история, настоящее и будущее, проблемы управления. Мат. II межрег. науч.-практ. конф. 25–27 октября 2012 г. Астрахань: АИСИ. С. 40.
- Сечин Ю.Т. 2010. Биоресурсные исследования на внутренних водоемах. Калуга: ЭЙДОС.
- Тюрнин В.Б. 2007. Применение спутниковой космической информации для исследования нерестилищ охотской сельди // Чтения памяти академика К.В. Симакова: Тез. докл. Всерос. науч. конф. Магадан, 27–29 ноября 2007 г. С. 171.
- Чавычалова Н.И., Фомин С.С. 2018. Эффективность естественного воспроизводства рыб в зависимости от гидрологического режима реки Волга в весенне-летний период // Рыб. хоз-во. № 6. С. 12.
- Чавычалова Н.И., Тарадина Д.Г., Васильченко О.М., Лардыгина Е.Г. 2020. Эффективность размножения полупроходных и речных рыб реки Волга в различные, по водности и режиму половодья, годовые периоды // Рыбн. хоз-во. № 2. С. 67.
- Шакирова Ф.М., Таиров Р.Г., Северов Ю.А. 2012. Влияние уровня режима Куйбышевского водохранилища на формирование его рыбных запасов // Рыбн. хоз-во. № 1. С. 40.
- Go'rski K., Winter H.V., De Leeuw J.J. et al. 2010. Fish spawning in a large temperate floodplain: the role of flooding and temperature // *Freshwater Biol.* V. 55. P. 1509. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02362.x>
- Minina L.M., Minin A.E. 2022. Dynamics of water levels in the Gorky Reservoir (Russian Federation) during the spawning period and its influence on the area of spawning grounds and natural reproduction of limnophilic fish species // *Sustainable fisheries and aquaculture: challenges and prospects for the blue bioeconomy.* Environmental Science and Engineering. Cham: Springer. P. 139. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08284-9_14

Influence of the Level Regime and Temperature Factor of the Lower Reaches of the Oka River during the Spawning Period for the Natural Reproduction of Phytophilic Fish Species

L. M. Minina^{1,*}, A. E. Minin¹, R. K. Kataev¹, V. V. Vandysheva¹

¹*Nizhny Novgorod Branch of the Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Nizhny Novgorod, Russia*
*e-mail: minina@nizhegorod.vniro.ru

For the first time for the lower reaches of the Oka River within the Nizhny Novgorod region, the combined influence of level and temperature regimes on the efficiency of natural reproduction of the phytophilic group of fish was assessed. Changes in the areas of spawning areas of the Oka River at various water levels was studied for the first time using satellite images. The boundaries of 45 spawning areas are tied to a geographic coordinate network using Landsat satellite images, and 20 options for the area of spawning areas at different water levels have been identified. It has been determined that the area of spawning grounds can change 12 times depending on the water level. A formula has been obtained for the dependence of the area of spawning grounds on the water level (applicable in the level range of 67.00–74.52 m). Data are provided on the timing of fish spawning in the Oka River. It has been established that the long-term median relative abundance of underyearlings of phytophilic fish species in the Oka River (in the water area of the Nizhny Novgorod region) – 4.9 thousand individuals/ha, which is 2.9 times more than in the Gorky reservoir and 1.6 times more than in the Cheboksary reservoir. Partial coefficients of multiple correlation of indicators of the level regime during the spawning period and the number of fingerlings of various fish species are given.

Keywords: Oka River, water levels, water temperature, spawning grounds, natural reproduction of fish, Landsat satellite images