

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова»
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

ЖИВОТНЫЕ В ЭКОСИСТЕМАХ ВНУТРЕННЕЙ АЗИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

МАТЕРИАЛЫ

всероссийской конференции с международным участием,
посвященной юбилею доктора биологических наук,
профессора Ц. З. Доржиева

(Улан-Удэ, 15–17 февраля 2024 г.)

Улан-Удэ
Издательство Бурятского госуниверситета имени Доржи Банзарова
2024

УДК 591
ББК 28.6
Ж 67

Утверждено к печати
редакционно-издательским советом
Бурятского государственного университета
Протокол № 1 от 16 февраля 2024 г.

Сборник размещен в системе РИНЦ
на платформе научной электронной библиотеки eLibrary.ru

Редакционная коллегия

Е. Н. Бадмаева, канд. биол. наук, доцент (науч. редактор)

Э. Н. Елаев, д-р биол. наук

Л. Ц. Хобракова, д-р биол. наук

Л. Г. Вартапетов, д-р биол. наук

Д.Б. Вержуцкий, д-р биол. наук

А. П. Исаев, д-р биол. наук

Н. Цэвэнмядаг, канд. биол. наук

Рецензенты

Э. Н. Елаев, д-р биол. наук, проф., Бурятский госуниверситет им. Д. Банзарова

А. П. Исаев, д-р биол. наук, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН (г. Якутск)

Ж 67 Животные в экосистемах Внутренней Азии: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы всероссийской конференции с международным участием, посвященной юбилею д-ра биол. наук, проф. Ц. З. Доржиева (15-17 февраля 2024 г., г. Улан-Удэ) / научный редактор Е. Н. Бадмаева. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета имени Доржи Банзарова, 2024. – 350 с.
ISBN 978-5-9793-1916-2

В сборник включены доклады всероссийской конференции с международным участием «Животные в экосистемах Внутренней Азии: фундаментальные и прикладные аспекты, посвященной 75-летию д-ра биол. наук, проф. Ц. З. Доржиева. В работах представлены результаты исследований разнообразия, экологии, практического использования животных в естественных и антропогенных ландшафтах Сибири, Дальнего Востока и Монголии.

**УДК 591
ББК 28.6**

ISBN 978-5-9793-1916-2

© Бурятский госуниверситет
имени Доржи Банзарова, 2024

ИТОГИ МНОГОЛЕТНЕГО ИЗУЧЕНИЯ СТАДА БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ В РЕКЕ СЕЛЕНГЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Н. В. Базова¹, А. В. Базов²

¹Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН, Россия

²Байкальский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Россия, selengan@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены сведения по протяженности нерестовой миграции омуля в р. Селенга в соответствии с разными факторами в 1920–2022 гг. (коэффициент зрелости самок, расход воды, дата захода стада в реку, численность нерестового стада и др.).

Ключевые слова. Байкальский омуль, *Coregonus migratorius*, река Селенга, биологическая характеристика, нерестовое стадо, протяжённость нерестовой миграции.

THE RESULTS OF A LONG-TERM STUDY OF THE BAIKAL OMUL HERD IN THE SELENGA RIVER. BASIC CONCEPTS

N. V. Bazova¹, A. V. Bazov²

¹Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the RAS, Russia

²Baikal Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Russia
selengan@yandex.ru

Abstract. Information on the distance of the Baikal omul spawning migration in the Selenga River in accordance with various factors in 1920–2022 (female maturity coefficient, water discharge, date of the herd entry into the river, number of spawning individuals) is presented.

Keywords: Baikal omul *Coregonus migratorius*, Selenga River, biological characteristics, spawning herd, distance of spawning migration.

Большую часть жизненного цикла омуль проводит в оз. Байкал, нерестится же в реках (Селенга, В. Ангара, Баргузин и др., где ежегодно отмечается 0.4–5.7 млн особей). Нерестовая миграция омуля в Селенгу начинается в конце августа – начале сентября и продолжается 1.5 мес. Нерест наблюдается в октябре–ноябре, затем следует период эмбрионального развития икры (180–200 сут.). Личинки появляются в апреле–мае следующего года и заканчивают миграцию в озеро в мае–июне.

Река Селенга (1453 км) – главный приток оз. Байкал, является значительным трансграничным водотоком (в Монголии – 2/3 длины, 1044 км, в России – 1/3, 409 км). Селенга – один из немногих крупных незарегулированных предгорных водотоков Северной Евразии, имеет наиболее высокую рыбохозяйственную значимость в Байкальском регионе. Величина положительного тренда годовых температур воздуха в басс. оз. Байкал (1.2°C за 100 лет) оказалась вдвое выше, нежели в мировом масштабе (0.6°C). В басс. Селенги потепление вызвало аридизацию климата, снижение стока воды и наносов, уровня озёр и др. Гидрологические изменения особенно заметны в зимний период [Шимараев и др., 2002; Обязов, Смахтин, 2013; Frolova et al., 2017].

Представленное исследование является результатом вековых (1920–2022 гг.) мониторинговых наблюдений за нерестовым ходом байкальского омуля в р. Селенга. Цель работы – изучить связи между протяжённостью нерестовой миграции омуля в р. Селенга и факторами среды в нижнем течении реки в начале нерестового хода, биологическими показателями рыб, сроками начала захода в реку и численностью нерестового стада.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Изучение байкальского омуля в речной период жизни начинали с наблюдения за нерестовой миграцией производителей в р. Селенга (сентябрь–октябрь 1920–2022 гг., 20–35 км от устья). За дату начала массовой миграции принимали сутки, когда в реку заходило ~ 5–10% всего нерестового стада. Численность нерестового стада омуля, а также биологический анализ рыб выполняли по общепризнанным методикам.

Данные по распределению икры омуля на контрольных площадках нерестилищ р. Селенга в 1935–1972 гг. получены из фондовых материалов (ФМ) БайкалНИРО и литературных сведений. С

1984 г. нерестилища омуля изучали на 24-х постоянных профилейных разрезах российского участка реки (20–410 км от устья). Отбор проб выполняли в декабре, вскоре после окончания нереста омуля. Всего отобрано 6456 проб грунта. Поскольку распределение икры омуля в р. Селенга с удалением от оз. Байкал приближено к нормальному, место пика распределения икры принимали за средние значения дальности нерестового хода стада в тот или иной год.

Для выявления связи между протяжённостью нерестовой миграции в 1935–2020 гг. и стоком Селенги использовали данные *по расходам воды* в сентябре этих лет (время начала миграции) по гидрометеопосту «Мостовой» (№ 7051, 127 км от устья реки). Эти сведения получены из гидрологических ежегодников (1936–2007 гг.) и данных АИС государственного мониторинга водных объектов (2008–2020 гг.). Использовали также данные *по температуре воды* (08:00) в дату начала нерестовой миграции омуля в Селенгу в 1920–2022 гг.

Также рассмотрена связь между дальностью нерестового хода и: *датой захода, коэффициентом зрелости (КЗ) самок* (1965–2022 гг.) и *численностью нерестового стада омуля* (1937–2022 гг.). Для выявления любой зависимости протяжённости нерестовой миграции вверх по течению реки от указанных выше показателей использовали непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s). Метод исследования распределения икры байкальского омуля, применяемый на Селенге с 1984 г. по н. в. без каких-либо изменений, является вполне адекватным и обеспечивает высокую статистическую сравнимость результатов по разным годам. Гидрологическое описание реки, расположение разрезов, станций (лунок), описание способа и орудия отбора проб, подробно приведены ранее [ФМ БайкалНИРО; Афанасьев, 1980; Сорокин, 1981; Воронов, 1993; Базов, Базова, 2016; Bazova, Bazov, 2021; Базов и др., 2022; и др.].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Весь период исследований (1920–2022 гг.; $n = 67$ –102 года для разных параметров: расход и температура воды, дата захода, коэффициент зрелости (КЗ) самок омуля, L_{cp}).

В результате наблюдения за нерестовым стадом байкальского омуля в Селенге в 1920–2022 гг. (>100 лет) выявлено, что начало захода (дата захода) омуля в реку приходится на период с 22 августа по 10 сентября, при средней дате захода 31 августа. Средняя температура воды в начале захода составляет 15.4 (10–20)°С, средний расход воды по гидропосту «Мостовой» в это время составляет 1670 (536–3530) м³/с. Средняя длина (L_{cp}) миграционного пути основной части (ядра) нерестового стада омуля в реке составляет 192 км (минимальная – 85 км), верхняя же максимальная граница по годам может находиться гораздо выше по течению – вплоть до 500–560 км от устья реки.

Численность нерестового стада омуля в 1937–1964 гг. составила в среднем 2928 (807–4748) тыс. экз. с наметившейся тенденцией снижения к концу периода. Значительное падение численности (до 370 тыс. экз.) отмечено в 1965–1966 гг., после чего в 1970–1982 гг. введён первый запрет на вылов омуля в бассейне оз. Байкал. В период восстановления (1969–2012 гг.) средняя численность нерестового стада омуля изменялась в пределах 628–2754 (~ 1700) тыс. экз. В 2013–2022 гг. численность стада значительно сократилась – почти в три раза, до 572 (289–775) тыс. экз., в связи с чем в 2017 г. был вновь введён запрет на вылов омуля в бассейне озера. Самые низкие за всю историю наблюдений показатели отмечены в 2016 и 2022 гг. (соответственно 289 и 297 тыс. экз.), т.е. можно заметить, что увеличения численности до исходных пределов разных периодов не выявлено.

Выделенные нами отрезки времени: период наблюдений в целом (1920–2022 гг.), период точных исследований (1984–2022 гг.), периоды маловодных (1995–2017 гг.) и многоводных (1984–1994 и 2018–2022 гг.) лет характеризовались сходными между собой результатами. Выявлена *высокая обратная зависимость дальности нерестовой миграции от КЗ самок омуля* ($-0.79 \leq r_s \leq -0.57$; $0.0000 \leq p \leq 0.0039$): при увеличении степени зрелости производителей протяжённость нерестовой миграции сокращается, и наоборот: т. е. дальность миграции омуля зависит, в первую очередь, *от физиологического состояния рыб*, определяемого интенсивностью их питания в преднерестовый период.

Расход воды в сентябре за все годы наблюдений, в периоды точных исследований и маловодных лет также оказывал значительное обратное воздействие ($-0.64 \leq r_s \leq -0.50$; $0.0000 \leq p \leq 0.0014$): чем больше расход воды в реке, тем короче путь нерестовой миграции, и наоборот, что связано, вероятно, с увеличением энергетических затрат рыб в соответствии с повышением расхода воды и соответствующим увеличением общей скорости потока.

Протяжённость миграции для всего периода, а также периода точных исследований и маловодных лет также оказалась связана с датой начала захода омуля в реку ($-0.53 \leq r_s \leq -0.38$; $0.0004 \leq p \leq 0.0016$). Тенденция к обратной и в этом случае зависимости выявляет воздействие более

позднего захода нерестового стада в реку на сокращение его миграционного пути, что подтверждает полученные ранее данные [Voropov et al., 2021].

По результатам ряда наблюдений (1936–2020 гг., 79 лет), а также исследований 1984–2020 гг. (37 лет), отмечено, что на дату захода омуля в незначительной степени влияет водность реки ($r_s \leq 0.40$; $p \leq 0.0317$), т.е. при повышении расходов воды сроки захода нерестового стада в реку имеют тенденцию к смещению на более поздние.

И, наконец, в периоды точных исследований и маловодных лет впервые обнаруживается прямое воздействие численности нерестового стада на дальность хода производителей: чем выше численность, тем длиннее путь нерестовой миграции, и, наоборот ($r_s \leq 0.46$; $p \leq 0.0361$). Это подтверждает выдвинутое ранее предположение [Москаленко, 1971] о расширении нерестовых площадей при увеличении численности нерестового стада сиговых. Кроме того, в маловодные годы средняя протяжённость нерестовой миграции в 1.5 раза выше, нежели в многоводные годы ($p \leq 0.05$). Во все периоды не выявлено воздействия температуры воды на протяжённость миграции.

Таким образом, протяжённость нерестовой миграции омуля в Селенге значительно варьирует во времени: в годы с пониженными значениями расхода воды и степени зрелости половых продуктов производители продвигаются выше по течению, нежели в многоводные годы, и, следовательно, нерестилища располагаются в разных участках реки. Однако это не означает, что омуль является нетребовательным к нерестовым площадям. В подлёдный период в результате промерзания мелководного заиленного побережья, когда к весеннему периоду толщина льда в среднем по реке составляет 1 м, у берегов же может достигать и 2 м, для участка русла на значительном протяжении формируется сходный гидрохимический и гидрологический режим, наблюдается сравнительно однородный состав грунтов – гравийно-галечные субстраты с примесью песка и валунами.

Ранее [Bazova, Bazov, 2021] мы отмечали, что омуль нерестится на твёрдых субстратах, избегает при нересте глубин < 1.5 м и откладывает икру на глубинах 1.5–6.0 м, как правило, на плёсовых участках русла реки при скорости течения до 0.05–1.12 м/с. с (максимум – 0.1 м/с). Несмотря на то, что температура воды в зимний период снижается почти до 0°C , полного промерзания русла Селенги не наблюдается, и в таких условиях икра омуля успешно развивается на протяжении долгих 5–6 мес. (ноябрь–апрель) при значительном снижении скорости течения, а также повышении прозрачности воды и относительно благоприятном кислородном режиме. Это изменение характеристик среды обуславливает и другие защитные функции среды обитания: метаболизм водных организмов, потенциальных потребителей икры, при таких низких температурах сводится к минимуму. Кроме того, численность таких форм бентоса в русле Селенги в период ледостава невысока. В малых же водотоках с повышенной численностью зообентоса икра сиговых рыб развивается в составе пагона [Решетников, Богданов, 2011]. Образование ледяного покрова также можно отнести к надёжному защитному укрытию икры от атмосферного воздействия.

Байкальский омуль в отдельные годы нерестится также в крупных предгорных притоках Селенги – реках Чикой и Орхон. Вместе с тем, омуль никогда не заходит на нерест в такие крупные правые притоки, как реки Уда и Хилок (467 и 840 км), впадающие в Селенгу на 156 и 242 км от её устья. Значительная часть бассейна этих рек заболочена, либо занята тайгой – лиственницей, сосной, кедром, из-за чего, вероятно, и складывается неподходящий для эмбрионального развития икры химический состав воды. Омуль не нерестится также и в более мелких левых горных водотоках (Темник и Джида, 314 и 567 км).

Всё перечисленное относится к свидетельствам значительной избирательности омуля к режиму эмбриогенеза икры: однообразие условий является залогом успешного развития икры на значительном протяжении бассейна реки (~ 560 км), как на территории России (~ 409 км), так и в пределах Монголии (~ 150 км).

В целом для байкальского омуля, нерестилища которого удалены на значительные расстояния от устья (Селенга, В. Ангара, Баргузин – 300–560 км), начало захода на нерест приходится на конец августа – середину сентября. В малые притоки с нерестилищами, удалёнными на незначительные расстояния от устья (5–50 км, рр. Кичера и др.), омуль заходит на 2–3 нед. позже – вплоть до ледостава [цит. по: Базов, Базова, 2016]. Среди 22 нерестовых рек Байкала в Селенге сосредоточено 47% нерестилищ омуля. Средняя дата захода омуля в реки зависит от длины реки и расстояния до нерестилищ ($r > -0.75$), причём длина реки определяет общую протяжённость нерестилищ, их максимальную удалённость от устья или полную протяжённость нерестовой миграции [$r > 0.8$; Voropov et al., 2021].

Протяжённость нерестовой миграции определяется массовостью нереста основной части нерестового стада в том или ином участке водотока, что отмечено и ранее: наиболее ценные и ёмкие

нерестилища сиговых рыб (пеляди, чира, тугуна и др.) расположены в средней части бассейна нерестовых рек и выше, где отмечены высокие показатели плотности кладок икры. Верхняя же граница нерестилищ определяется лишь икрой, отложенной незначительной частью наиболее крупных производителей (авангард), заходящих на нерест в более ранние сроки, и имеющих менее развитые половые продукты. Выдвинуто предположение о сходном характере нерестовых миграций у всех сиговых рыб [Венглинский и др., 1979; Воронов, 1993; Решетников, Богданов, 2011; Базов, Базова, 2016;].

Невысокую силу связи протяжённости миграции с численностью нерестового стада омуля Селенги можно объяснить величиной браконьерского изъятия (~ 60%). В случае отсутствия такого пресса эта связь могла бы быть намного более достоверной. Следует заметить, что численность нерестового стада омуля в 19 веке могла достигать 10 млн экз. [Базов, Базова, 2016]. Вероятно, что такое многочисленное стадо, заметно поредевшее в 20–21 веках (в среднем до ~ 1.7 млн экз.), могло полностью распределяться по всей Селенге на территории России, а также и в её бассейне в Монголии вплоть до 500–560 км от устья.

Средние значения численности икры (~40–50 шт/м²) рассчитаны из численности стада в 1.5–1.7 млн производителей [Bazova, Bazov, 2021], следовательно, субстрат реки мог быть нерестилищем (потенциально им остающимся в настоящем и будущем) с пропорционально более высокой средней численностью икры ~ 240–300 шт/м². По другим же сообщениям в 1930–1960 гг. в реках басс. оз. Байкал в разные годы на 1 м² находили 2–12 тыс. икринок омуля. Таким образом, нерестовый потенциал Селенги значительно превосходит возможности стада омуля при его сниженной численности в конце 20 – начале 21 века.

Строительство нескольких ГЭС и реализация других гидротехнических проектов в бассейне Селенги на территории Монголии могут оказать существенное негативное влияние на состояние нерестилищ байкальского омуля. Река Селенга – крупный предгорный водоток со значительным уклоном русла (0,34‰), поэтому возведение подобных сооружений может привести к стремительному снижению выживаемости икры омуля *в период ледостава*. По расчётам [Чалов и др., 2016] при введении в эксплуатацию даже одного–двух гидроузлов на притоках Селенги в Монголии, её низкий зимний сток воды на границе с Россией увеличится в 2–3 раза и приведёт к увеличению объёма вод с повышенной температурой, сбрасываемых в русло реки. Увеличение температуры в период эмбриогенеза икры может привести к более раннему вылуплению личинок и последующей их гибели в условиях, отличных от оптимальных. Увеличение же скорости течения может вызвать смыв икринок с субстрата, не исключены и другие непредсказуемые крайне негативные последствия.

Реализация гидротехнических сооружений в сочетании с глобальным потеплением и другими антропогенными нарушениями может привести к катастрофическому снижению численности омуля, холодолюбивого эндемика, что, несомненно, повлияет на состояние всей экосистемы бассейна оз. Байкал. Селенга является нерестилищем и других ценных видов рыб Байкала – байкальского осетра (Красные Книги России и Бурятии), белого байкальского хариуса и других рыб. Учитывая приведённые факты, можно с высокой долей вероятности предсказать крах рыбной промышленности на Байкале, а применению термина «омулёвая бочка» – исчезновение из обихода научно-популярной мысли на Байкале навсегда.

БЛАГОДАРНОСТИ. Авторы весьма признательны сотрудникам БО БайкалНИРО и БФ Главырыбвод: В. А. Петерфельду, П. Е. Галкову, О. И. Журавлеву, В. А. Кильдюшкину, А. И. Тугарину, С. Г. Афанасьеву, А. В. Варнавскому, В. В. Ткачеву, С. Д. Ильину, С. В. Кушнारेву, С. В. Чащину, С. С. Убонову и многим другим сибирякам за помощь в отборе проб в суровых зимних условиях. Работа финансировалась за счёт средств бюджета БФ ВНИРО, а также в рамках темы государственного задания ИОЭБ РАН (регистрационный № 121030900141-8).

Литература

1. Афанасьев Г. А. Экология нерестового стада омуля реки Селенги // Экология, болезни и разведение байкальского омуля. Новосибирск: Наука, 1981. С. 5–34.
2. Базов А. В., Базова Н. В. Селенгинская популяция байкальского омуля: прошлое, настоящее, будущее. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. 352 с.
3. Базов А. В., Базова Н. В., Фролова Н. Л. Исследования влияния расхода воды на протяженность нерестовой миграции байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Coregonidae) в реке Селенге на базе многолетних данных // Изв. ИГУ. Сер. Биология. Экология. 2022. Т. 41. С. 66–84.

4. Экологические аспекты естественного воспроизводства и охраны сиговых рыб / Д. Л. Венглинский, В. М. Шишмарев, С. М. Мельниченко, И. А. Паракецов // Тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. 1979. Вып. 121. С. 3–37.
5. Воронов М. Г. Эколого-биологические основы повышения эффективности воспроизводства омуля в р. Селенге в современных условиях: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 1993. 18 с.
6. Обязов В. А., Смахтин В. К. Влияние изменений климата на речной сток в зимний период в Забайкалье // Метеорология и гидрология. 2013. № 7. С. 95–102.
7. Решетников Ю. С., Богданов В. Д. Особенности воспроизводства сиговых рыб // Вопр. ихтиологии. 2011. Т. 51, № 4. С. 502–525.
8. Сорокин В. Н. Условия естественного воспроизводства омуля в р. Селенга // Экология, болезни и разведение байкальского омуля. Новосибирск: Наука, 1981. С. 34–44.
9. Современная и прогнозная оценка стока воды и наносов рек бассейна Селенги / С. Р. Чалов, М. Г. Гречушникова, М. И. Варенцов, Н. С. Касимов // География и природн. ресурсы. 2016. № 5. С. 39–48.
10. О проявлении на Байкале глобальных изменений климата в XX столетии / М. Н. Шимараев, Л. Н. Куимова, В. Н. Синюкович, В. В. Цехановский // ДАН. 2002. Т. 383, № 3. С. 397–400.
11. Bazova N. V., Bazov A. V. Influence of abiotic factors on incubation of Baikal omul eggs in the Selenga River (Lake Baikal Basin) // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 2021. Sci. V. 908. Article 012013.
12. Frolova N. L., Belyakova P. A., Grigoriev V. Y. et al. Runoff fluctuations in the Selenga River basin // Reg. Environ. Change. 2017. V. 17. № 7. P. 1965–1976.
13. Voronov M.G., Bolshunova E.A., Luzbaev K.V. Spawning Migrations of the Baikal Omul // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 2021. Sci.V. 670. Article 112017.