

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ В ПЕРИОД ОТКРЫТОГО РУСЛА НА ИЗМЕНЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ УПИТАННОСТИ ПОЛУПРОХОДНОГО НАЛИМА (*LOTIDAE*) РЕКИ ОБЬ

© 2014 г. А. Р. Копориков, В. Д. Богданов

Институт экологии растений и животных УрО РАН

620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

e-mail: Koporikov@mail.ru; Bogdanov@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 06.12.2013 г.

Проведен анализ многолетних наблюдений за изменением относительной упитанности налима (*Lota lota* L.) в бассейне нижней Оби в период открытого русла (июнь–сентябрь). Выявлена положительная, сильная, статистически значимая зависимость гепатосоматического индекса производителей налима от максимального уровня затопления поймы. Построено уравнение, предсказывающее величину гепатосоматического индекса производителей на основании данных инструментально измеряемых параметров среды.

Ключевые слова: налим, гепатосоматический индекс, условия среды, водность, температура воды.

DOI: 10.7868/S0367059714060079

Физиологическое состояние живого организма тесно связано с условиями внешней среды. Еще в середине XX в. С.С. Шварцем была выдвинута теория (Шварц, 1956, 1958; Смирнов и др., 1972; и др.) о влиянии внешних условий на относительные размеры внутренних органов (метод морфофизиологических индикаторов).

Налим в отличие от большинства других пресноводных рыб жир запасает в печени (Bull, 1928; Миттельман, 1932), а в мясе его содержание менее 1% (Сорокин, 1976). Размер печени в зависимости от объема накопленного жира может изменяться в несколько раз. В нашей предыдущей работе (Копориков, Богданов, 2013) рассмотрено изменение размеров печени полупроходного налима (*Lota lota* L.) в зависимости от его физиологического состояния, интенсивности питания, морфологических aberrаций и т.д. В данной работе мы обосновываем изменение размеров печени (т.е. формирование запасов жира в организме) обского полупроходного налима в зависимости от условий среды в период открытого русла (летнее обитание в пойме).

Морфофизиологический параметр, характеризующий относительный вес печени, называется гепатосоматический индекс. Его применение позволяет минимизировать погрешность оценки жировых запасов трескообразных рыб, которая

возникает при использовании абсолютных значений размеров печени.

Были поставлены следующие задачи: выявить параметры среды, влияющие на относительную упитанность налима в период открытого русла; представить оценочный прогноз величины гепатосоматического индекса производителей в зависимости от условий их обитания в пойме в летний период времени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводили в 2000, 2004–2007 и 2010–2012 гг. (8 лет) во время весенне-летнего захода налима из Обской губы в р. Обь (вонзевой ход) и осеннего нагульно-преднерестового подъема в уральские притоки р. Оби. Район работ (рис. 1) включал предустьевую зону р. Оби (пос. Аксарка) и р. Войкар. Материал собран с использованием различных орудий лова: неводов, ставных и плавных сетей, крючковой снасти. Всего обработано 340 экз. налима.

В ходе продолжительной (до нескольких тысяч километров) анадромной миграции по руслу р. Оби в весенне-летний период величина гепатосоматического индекса у производителей налима значительно меняется, что зависит как от протяженности миграции, так и от конкретных условий обитания на каждом участке поймы. Использо-

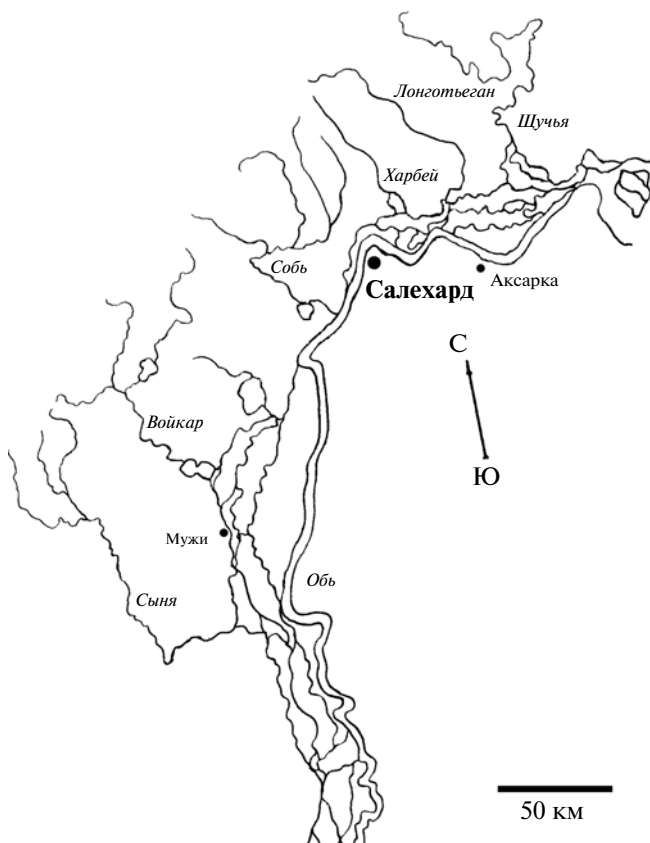


Рис. 1. Карта-схема района исследования.

ние материала, собранного осенью только из одного нерестового притока (р. Войкар), позволило точнее оценить влияние условий среды на формирование жировых запасов в период открытого русла, так как в этом случае исключается влияние протяженности миграций и различий в условиях обитания на разных участках поймы. Для описания условий среды использовали данные ближайшего (расстояние от устья реки 33 км) гидрометеорологического поста, расположенного в пос. Мужы (ЯНАО).

Взвешивание рыб и их органов проводили на электронных весах Kern (модели СН15К20 и 442-51). Возраст рыб устанавливали по отолитам и позвонкам. Гепатосоматический индекс рассчитывали как процентное отношение массы печени к массе тела без внутренностей (Инструкции..., 2001).

В ходе работы необходимо было определить влияние комплекса абиотических факторов среды (водности поймы и суммы среднесуточных температур воды) на изменение жировых запасов (гепатосоматический индекс) у производителей налима в период открытого русла. Поскольку продолжительность исследования составила восемь лет (одна единица измерения соответствует

одному году наблюдений), был применен непараметрический аналог множественной регрессии — медианная квантильная регрессия (Koenker, Bassett, 1978). Сведения о максимальных уровнях затопления поймы (м) и сумм среднесуточных температур воды в период открытого русла ($^{\circ}\text{C}$) даны в процентах. За 100% взяты максимальные показатели соответствующего параметра за годы наблюдений.

Для определения уровня зависимости величины гепатосоматического индекса от условий среды, в которых обитают производители налима, применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (Сидоренко, 2003). Степень однородности разных выборок рыб по величине гепатосоматического индекса проверяли с использованием критерия Лемана—Розенблатта (Орлов, 2003; Лемешко, Лемешко, 2005).

Математическую обработку данных выполняли на компьютере с использованием программ SPSS Statistics 17.0, Matrixer 5.1 и пакета Статистического анализа интервальных наблюдений одномерных непрерывных случайных величин версии 4.2.41.21.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно (Ананичев, Гомазков, 1960), что интенсивность пищеварения налима тесно связана с температурой воды. Ранее было выявлено (Копориков, Богданов, 2010) влияние максимального уровня затопления поймы и суммы среднесуточных температур воды в период открытого русла на формирование величины гепатосоматического индекса производителей в осенний преднерестовый период. Новые данные подтверждают сделанные в предыдущей работе выводы. Корреляция гепатосоматического индекса с уровнем максимального затопления поймы в год наблюдения положительная, сильная, статистически значимая ($r_s = 0.71$, $p \leq 0.05$). В то же время связь гепатосоматического индекса с суммой среднесуточных температур воды за период открытого русла (июнь—сентябрь) выражена меньше ($r_s = -0.6$).

Предполагалась следующая гипотетическая зависимость (Копориков, Богданов, 2010): чем выше уровень воды, тем ниже ее температура в толще, и наоборот (исходный тезис — при высоком уровне прогрев воды осуществляется более медленно). Однако в отдельные годы такая закономерность была нарушена: в 2006 г. наблюдалась низкая температура при низком уровне затопления, в 2007 г. — высокая температура воды при высоком уровне затопления. Причиной стали резкие отклонения в температуре воздуха от средне-многолетних значений. Разница между 2006 и 2007 гг. по сумме среднесуточных температур воз-

духа в период открытого русла р. Оби составила 10.5%.

На рис. 2 и 3 показано, что формирование сходного гепатосоматического индекса может происходить при разных условиях летнего обитания в пойме. Так, отличие в величине индекса в 2006 и 2007 гг. составило 0.7%, в то же время сумма среднесуточных температур воды и уровень затопления поймы Оби различались в эти годы на 9.4 и 6 % соответственно. Такой разброс в величине измеряемых параметров среды при относительно равном гепатосоматическом индексе приводит к выводу, что недостаточно использовать только один показатель (уровень максимального затопления поймы или температуру воды) для предсказания величины относительных запасов жира в организме производителей. Потребовался новый метод прогноза формирования жировых запасов в теле производителей налима.

На величину гепатосоматического индекса производителей в осенний период может влиять ряд факторов (Копориков, Богданов, 2010): условия зимнего нагула (определяющие исходные запасы жира перед периодом открытого русла) и летнего обитания в пойме (когда запасы жира в основном тратятся).

Условия зимнего нагула в Обской губе с определенным допуском можно считать константными (доступность жертв, стабильный кислородный и температурный режимы). Это подтверждает и отсутствие значимых различий по гепатосоматическому индексу у рыб, поднимающихся весной в разные годы из Обской губы. Например, в 2010 и 2012 гг. во время вонзевых ходов у налима статистически значимые различия в объеме накопленных жировых запасов отсутствовали (соответствующая средняя величина индекса — 12.1 и 11.5, значение критерия Лемана–Розенблатта равно 0.27 при $p > 0.1$). Однако к осени гепатосоматический индекс всегда снижается относительно уровня, характерного для начала вонзевых ходов. Разница в жировых запасах налима в один и тот же год наблюдений в весенний и осенний периоды статистически высокозначима (значение критерия Лемана–Розенблатта для 2010 г. — 3.26, для 2012 г. — 1.45, $p \leq 0.001$). Причиной этого может быть высокая температура воды в период открытого русла, снижающая двигательную и пищевую активность налима. Интенсивность снижения запасов жира в организме определяется условиями среды в период открытого русла. В 2010 и 2012 гг. (рекордно маловодные годы с разным температурным режимом) гепатосоматический индекс производителей осенью имел статистически значимые различия (соответствующая средняя величина индекса — 6.4 и 4.9, значение критерия Лемана–Розенблатта — 0.47 при $p \leq 0.05$).

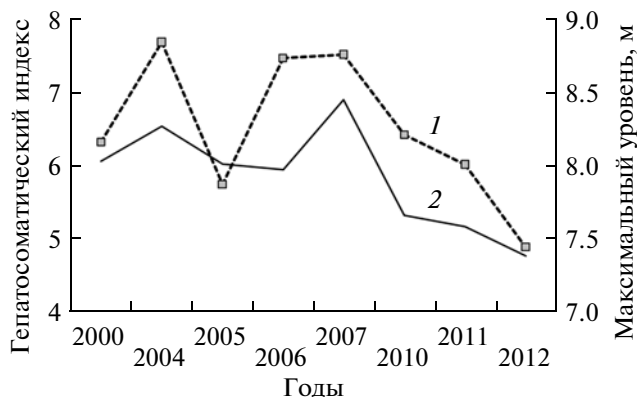


Рис. 2. Соотношение гепатосоматического индекса (1) производителей налима осенью в уральских нерестовых притоках и максимального уровня затопления поймы (2).

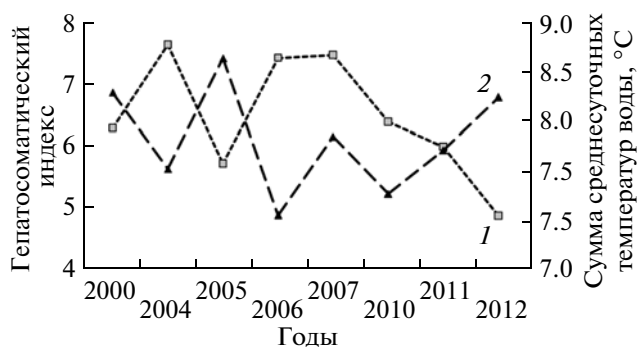


Рис. 3. Соотношение гепатосоматического индекса (1) производителей налима осенью в уральских нерестовых притоках и суммы среднесуточных температур воды (2) в период открытого русла (июнь–сентябрь).

Для создания относительно благоприятных условий летнего обитания в пойме налиму необходимо наличие низких температур воды и совпадение мест его обитания с местами обитания потенциальных жертв. При высоком уровне затопления поймы налиму доступно большее количество биотопов, где нагуливаются потенциальные жертвы (устьевые участки притоков, глубокие ямы в пойменных водоемах и т.д.), при низком он в основном обитает на русловых участках, где количество потенциальных жертв минимально. Однако при высокой температуре воды, даже при наличии доступных потенциальных жертв, налим пассивен и не питается (наши наблюдения). Поэтому условия летнего обитания в пойме в значительной мере определяют величину гепатосоматического индекса в начале осенней преднерестовой миграции.

Для построения расчетного гепатосоматического индекса производителей была применена медианная квантильная регрессия, где регрессо-



Рис. 4. Соотношение фактического (1) и расчетного (2) гепатосоматического индекса производителей налима, заходящих на нерест в уральские нерестовые притоки.

рами выступают относительные величины максимального уровня затопления поймы и показателя суммы среднесуточных температур воды в период открытого русла. Полученное уравнение с высокой степенью детерминации ($R^1 = 0.90$) описывает изменение расчетного гепатосоматического индекса от рассматриваемых параметров окружающей среды:

$$\text{HEP} = 0.179 \text{Hmax}\% + (-0.112) \text{SumT}\%,$$

где HEP – расчетное значение гепатосоматического индекса производителей; Hmax% – приведенный к процентам показатель максимального уровня затопления поймы; SumT% – приведенный к процентам показатель суммы среднесуточных температур воды в период открытого русла; 0.179 и -0.112 – соответствующие регрессионные коэффициенты (уровень статистической значимости $p \leq 0.001$) показателей максимального уровня затопления поймы и суммы среднесуточных температур воды.

На рис. 4 графически отображены расчетные и фактические значения гепатосоматического индекса налима в начале осенней нагульно-преднерестовой миграции. Уравнение описывает большую часть (90.3%) полученных эмпирических данных и позволяет с помощью инструментально измеряемых параметров среды (максимального уровня затопления поймы и суммы среднесуточных температур воды в период открытого русла) предсказывать величину гепатосоматического индекса производителей налима, поднимающихся в уральские нерестовые притоки на нерест.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что относительная упитанность налима, заходящего в уральские нерестовые при-

токи, выше при высоком уровне затопления поймы и низких значениях суммы среднесуточных температур воды за период открытого русла.

2. С помощью медианной квантильной регрессии построено уравнение, позволяющее с высокой степенью детерминации ($R^1 = 0.90$) предсказывать величину гепатосоматического индекса налима во время осенней преднерестовой миграции на основании данных инструментально измеряемых параметров среды (максимального уровня затопления поймы и суммы среднесуточных температур воды за период открытого русла).

Выражаем благодарность сотруднику ИЭРиЖ УрО РАН д.б.н. Д.В. Веселкину за консультации по вопросам проведения статистического анализа.

Работа выполнена при поддержке программ Президиума УрО РАН (проект № 12-П-47-2013) и Президиума РАН (проект № 12-П-4-10-43).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ананичев А.В., Гомазков О.А. Сезонная характеристика пищеварения налима // Тр. Ин-та биологии водохранилищ АН СССР. 1960. Вып. 3 (6). С. 238–247.

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. 291 с.

Копориков А.Р., Богданов В.Д. Изменение относительной упитанности полупроходного налима (Lotidae) Оби в зависимости от физиологического состояния и условий нагула // Экология. 2013. № 3. С. 210–215. [Koporikov A.R., Bogdanov V.D. Changes in the Hepatosomatic Index of Semianadromous Burbot, *Lota lota* L. (Lotidae), in the Ob River Depending on Fish Physiological State and Foraging Conditions // Rus. J. of Ecology. 2013. V. 44. № 3. P. 225–230]

- Копориков А.Р., Богданов В.Д.* Связь успешности воспроизводства полупроходного налима *Lota lota* L. (Lotidae) р. Оби с водностью поймы // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 3. С. 29–36.
- Лемешко Б.Ю., Лемешко С.Б.* О сходимости распределений статистик и мощности критериев однородности Смирнова и Лемана–Розенблатта // Измерительная техника. 2005. № 12. С. 9–14.
- Миттельман С.Я.* К химии и технологии трески и пикши, их печени и жира // Сб. науч.-промысл. работ на Мурмане. М.; Л: Снабтехиздат, 1932. С. 113–135.
- Орлов А.И.* О проверке однородности двух независимых выборок // Заводская лаборатория. 2003. Т. 69. № 1. С. 55–60.
- Сидоренко Е.В.* Методы математической обработки в психологии. СПб.: Речь, 2003. 350 с.
- Смирнов В.С., Божко А.М., Рыжков Л.П.* и др. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб // Тр. СевНИОРХ. 1972. Т. 7. 168 с.
- Сорокин В.Н.* Налим озера Байкал. Новосибирск: Наука, 1976. 144 с.
- Шварц С.С.* К вопросу о развитии некоторых интерьерных признаков наземных позвоночных животных // Зоол. журн. 1956. Т. 35. Вып. 6. С. 804–819.
- Шварц С.С.* Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных животных // Зоол. журн. 1958. Т. 37. Вып. 2. С. 161–173.
- Bull H.O.* The relationship between the state of maturity and chemical composition of the whiting (*Gadus merlangus* L.) // J. of Marine Biolog. Ass. of the United Kingdom. 1928. V. 15. P. 207–218.
- Koenker R., Bassett G.* Regression quantiles // Econometrica. 1978. V. 46. № 1. P. 33–50.