

Ю.А. Силкин, В.Е. Василец, Е.Н. Силкина, В.Н. Черняева

*Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН,
филиал ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»
г. Феодосия, karadag1914@mail.ru*

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНОВ КЕФАЛИ-СИНГИЛЬ (*LIZA AURATA* RISSO) В ОСЕННЕМ ПЕРИОДЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА ОБИТАНИЯ

Изменение величины соматических показателей органов в разные сезоны года является важным экологическим приспособлением организма, особенно в осеннем периоде, когда исчезает влияние на метаболизм гормональных изменений для продуцирования половых продуктов и происходит восполнение энергетических веществ, необходимых для переживания зимовки и последующего периода нереста рыб. Места обитания рыб, отличающиеся в основном кормовой базой, температурой, соленостью и загрязненностью вод, оказывают существенное влияние на их физиологическое состояние и морфофизиологическую характеристику органов. По изменению величины индексов органов в этом периоде года можно оценить уровень подготовки организма к зимовальному периоду, определить состояние кормовой базы, а также – степень загрязненности вод мест обитания рыб [Моисеенко, 2000]. Обычно для такой оценки используют прибрежные малоподвижные виды рыб, которые длительное время находятся в прибрежье и переносят все тяготы экологического неблагополучия вод. Особенностью данного исследования явилось то, что для такой оценки был выбран «нетипичный» вид рыбы, который относится к стайному, активно мигрирующему вдоль черноморского побережья, виду. Выбор этот обусловлен тем, что в данный период годового цикла, стаи сингиля надолго (до весны) задерживаются в определенных бухтах и регионах прибрежья, где внешние условия могут оказывать влияние на их способность накопления пластического материала. Поэтому задачей исследования явилось изучение изменений индексов органов у кефали-сингиля, обитающей в озере Сиваш и у Юго-восточного побережья Крыма (Карадагская бухта, побережье поселка Солнечная долина).

Материал и методика

Объектом исследования была взята кефаль-сингиль (*Liza aurata* Risso), отловленная удочкой у Карадага, у побережья пос. Солнечная долина и в озере Сиваш. Кефаль-сингиль стайная рыба. Имеет хорошие гидродинамические качества, является активным пловцом, совершает длительные миграции по Черному, Азовскому морю и через пролив Босфор может заходить в Мраморное море [Световидов, 1964]. Вид экологически пластичен, может переносить резкие колебания солености (от пресной воды до солености в 57 ‰) и температуры воды (от 8 до 38 °С). Пищей взрослых особей является в основном детрит, то есть органические вещества, образующиеся при разложении несъедобного корма, экскрементов рыб, жизнедеятельности беспозвоночных, микроводорослей и высшей водной растительности, который рыбы соскабливают с каменистого грунта. Для этого у кефалей есть соответствующие анатомические приспособления: рот нижний, край нижней губы имеют форму режущего скребка, снимающего верхний слой ила или фитомикробентоса [Сабодаш, Семененко, 1995]. Места обитания исследуемой кефали резко отличались по гидрологическим характеристикам.

Озеро Сиваш – это мелководный залив, глубина которого – от 0.6 до 3.0 м. Летом вода в озере может прогреваться до +35 °С, зимой – охлаждаться +8 °С. Для вод озера Сиваш характерно резкое колебание солености от 20 до 130 ‰, что приводит к смене видового богатства и количества организмов. Большая часть микроорганизмов отмирает и является состав-

ной частью илов, которые в большом количестве залегают на дне озера и являются кормовой базой для мальков большинства промысловых видов рыб [Довгаль, 2005]. Несмотря на высокую соленость, воды озера Сиваш богаты зообентосом (более 50 видов), а также рыбами (около 52 видов), из которых 14 видов – промысловые. Наиболее постоянными видами рыб в Сиваше являются кефаль, хамса, сельдь, камбала-глосса, бычок, ставрида и другие [Довгаль, 2005].

Воды Юго-восточного Крыма: бухта Карадагской биостанции и побережье пос. Солнечная долина, являющиеся частью довольно обширной и открытой бухты Чалка, отличаются постоянной соленостью (18 ‰) и температурой: +8 °С зимой и +26 °С летом. Исследуемый район моря имел глубину от 1 до 3-х метров. Открытость бухты, быстрая ее прогреваемость и постоянная соленость воды являются благоприятными условиями для жизни многих гидробионтов. На протяжении последних 40 лет Юго-восточное побережье Крыма является Карадагским природным заповедником, в результате чего увеличилось биоразнообразие и количество биоты побережья. Так, зарослевые сообщества цистозеры прибрежья заповедника характеризуются высоким биоразнообразием и устойчивостью структур [Киселева, 2015; Трощенко и др., 2005]. В акватории заповедника насчитывается 114 видов рыб, в нем чаще всего встречаются оседлые виды рыб: скорпена, зеленушки, собачки, ласкирь, окунь, барабуля, а также мигрирующие формы: кефаль, ставрида, песчанка, сарган [Мальцев, Иванчикова, 2015].

В связи с открытостью бухты на гидродинамические процессы побережья оказывают влияние распресненные азовоморские воды, прибрежные противотечения, разнонаправленные вихревые образования, сгонно-нагонные явления и воздействие штормовой нагрузки [Ковригина и др., 2009]. Данные оптических наблюдений [Ломакин и др., 2009], гидролого-химических исследований [Ковригина и др., 2005] и результатов биотестирования [Гончарук и др., 2015] свидетельствуют о неблагоприятном экологическом состоянии морской экосистемы данной акватории Черного моря. Особенности гидродинамики вод Карадагского взморья и побережья Солнечной долины, а также их загрязненность бытовыми стоками прилегающих поселков могут оказывать определенное влияние на донные биотопы и в целом – на пищевую базу рыб [Трощенко и др., 2015].

Отлов рыб проводили в конце сентября и в октябре. В опыте использовали рыбы весом 90 грамм, отловленные у Карадага, и весом – 130 г, выловленные в озере Сиваш. Исследуемых рыб подвергали биологическому анализу, по результатам которого рассчитывали индексы по общепринятой методике [Шварц и др., 1968]. Определение веса органов проводили на весах ВКТ – 500М. Сердце взвешивали на торсионных весах ВТ – 100. Индексы рассчитывали по формуле:

$$X = W_0 \times 100/W,$$

где W_0 – масса органа в граммах, W – масса рыбы без внутренностей в граммах.

Индекс упитанности рассчитывали по Кларку [Правдин, 1966] согласно формуле:

$$Q = W \times 100/L^3,$$

где Q – индекс упитанности; W – масса рыбы без внутренностей в граммах, L^3 – общая длина тела в см.

Исследуемые рыбы из озера Сиваш и отловленные у Юго-восточного побережья Крыма по состоянию гонад находились на II стадии их развития. Всего исследовано 98 особей. Результаты исследований выражены в %, статистически обработаны и представлены в виде среднего арифметического значения и \pm стандартного отклонения ($\bar{x} \pm S_x$) [Рокицкий, 1961].

Результаты и обсуждение

Полученные результаты систематизированы и представлены в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика соматических показателей органов кефали-сингиль (*Mugil auratus* Risso) в разных местах обитания

Место вылова	Индекс сердца в %	Индекс печени в %	Индекс жабр в %	Индекс упитанности в %
Солнечная Долина	$0.20 \pm 0.02^{**}$ n = 30	1.74 ± 0.08 n = 30	2.2 ± 0.1 n = 30	0.8 ± 0.01 n = 30
Карадагская бухта	0.16 ± 0.01 n = 39	1.3 ± 0.1 n = 39	2.2 ± 0.02 n = 39	0.8 ± 0.01 n = 39
Озеро Сиваш	0.11 ± 0.005 n = 29	$4.4 \pm 0.1^*$ n = 29	1.8 ± 0.02 n = 29	0.95 ± 0.01 n = 29

Примечания. n – число рыб в опыте; * – $p < 0.01$ по сравнению с Солнечной долиной и Карадагской бухтами; ** – $p < 0.05$ по сравнению с Сивашем.

Из таблицы видно, что индекс сердца у кефали в основном довольно высок и сравним с массой сердца других активно плавающих рыб [Астахова, 1983; Моисеенко, 2000]. В наших исследованиях показано, что у кефали он может изменяться от 0.1 до 0.2 %. У рыб, отловленных в озере Сиваш, величина индекса сердца на 30–45 % ниже, чем у кефали, выловленной у Юго-восточного побережья Крыма. Как известно масса сердца у рыб тесно связана с их двигательной активностью. У быстроплавающих рыб сердечный индекс значительно выше, чем у малоподвижных рыб [Астахова, 1983]. Возможно, кефаль, обитающая у Карадага и побережья Солнечной долины, преодолевает большие расстояния в поисках пищи, чем кефаль из озера Сиваш.

Индекс печени у исследуемой кефали изменялся от 1.3 до 4.4 %. У кефали из озера Сиваш масса печени была наибольшей. У рыб, отловленных у Карадага индекс печени, был в 2.5 раза, а у рыб из побережья Солнечной долины – в 3.3 раза ниже. В осеннем периоде печень является запасующим органом, в основном для липидных и углеводных субстратов, необходимых организму для переживания неблагоприятных условий [Шульман, 1972; Силкина, 1991]. По всей вероятности, пищевая база вод Юго-восточного побережья Крыма не столь обильна в сравнении с водами озера Сиваш. Возможно, поэтому организм рыб Юго-восточного побережья Крыма в этот период не может в достаточном количестве произвести запасы энергетических веществ в печени.

Индекс жабр у исследуемой кефали в сравнении с другими соматическими индексами изменялся в меньшей степени: от 2.2 до 1.8 %. Причем у кефалей из озера Сиваш он был на 20 % меньше, чем у рыб из Юго-восточного побережья Крыма. Жабры являются органом, доставляющим кислород в организм. Причем этот орган, имеющий довольно большую поверхность, один из первых, соприкасающийся с водой, чутко реагирует на ее качество. Показано, что увеличение массы жабр происходит у рыб, обитающих в загрязненных водах. Это защитная реакция организма, направленная на увеличение интенсивности метаболизма, необходимого для нейтрализации токсикантов. В результате этого жабры разрастаются, увеличивая свою поверхность, и тем самым увеличивают массу органа [Лукьяненко, 1987; Шайдуллина, 2009]. Возможно, повышенный индекс жабр у кефалей, отловленных у Карадага и побережья Солнечной долины, отражает большую загрязненность вод Юго-восточного побережья Крыма в сравнении с озером Сиваш. Как было указано выше, гидробиологические и гидрохимические исследования вод Юго-восточного побережья свидетельствуют о довольно значительной загрязненности этих вод бытовыми стоками.

Индекс упитанности организма у исследованных кефалей также мало изменялся (от 0.8 до 0.95 %) и был вполне сравним с показателями этого индекса у активно плавающих рыб. Величина индекса упитанности у кефалей из озера Сиваш была на 18 % ниже, чем у рыб из Юго-восточного побережья Крыма.

Упитанность организма отражает уровень запаса питательных веществ, в первую очередь в таких органах, как мышцы и печень. Для активно плавающих рыб не характерно значительное запасание энергетических субстратов, масса которых увеличивает вес тела и тем самым снижает гидродинамические качества тела при движении, это они компенсируют высоким уровнем метаболизма организма [Силкина, 1991]. Тем не менее, степень запаса энергетических субстратов зависит напрямую от доступности и количества корма в окружающей среде.

Наши данные свидетельствуют о том, что кефали, отловленные в разных местах обитания, неоднозначно запасают питательные вещества. Довольно низкий индекс печени и уменьшение индекса упитанности у кефалей, отловленных у Карадага и у побережья Солнечной долины, может свидетельствовать о низкой пищевой базе вод Юго-восточного побережья Крыма в сравнении с водами озера Сиваш. Гидролого-гидрохимические исследования Юго-восточного побережья Крыма показали низкую трофность вод этого места [Трощенко, Ковригина, 2016]. С другой стороны, согласно своей биологии, основное количество кефалей осенью откармливается в Сиваше, чтобы затем пересечь Черное и зайти на зимовку в Мраморное море [Световидов, 1964]. Вполне возможно, отловленная нами рыба в районе Карадага, была на откорме в озере Сиваш и как раз направлялась на зимовку в более южные моря. На преодоление расстояния от Сиваша через Азовское море до заповедника она вполне могла потратить определенные запасы энергетических веществ, о чем свидетельствует достоверное уменьшение индекса печени. К тому же, преодоление этого расстояния, видимо было не из легких, о чем свидетельствует увеличение индекса сердца у кефалей, отловленных у побережья поселка Солнечная Долина.

В заключение можно отметить, что соматические показатели мигрирующего вида – кефали-сингиль четко отражают физиологическое состояние организма, особенности изменений окружающей среды и могут служить биоиндикаторами мест, где рыбы достаточно длительное время пребывают в состоянии откорма и подготовки к нерестовому периоду. На основании полученных данных, можно констатировать, что Сиваш является озером с лучшими условиями для нагула рыб. Так как основным кормом для питающейся кефали являются диатомовые водоросли, надо полагать, что внешние условия Сиваша благоприятны для накопления их биомассы на камнях и других субстратах озера. В пользу этого свидетельствует небольшая глубина (1–3 м), идеальная для фотосинтетической активности водорослей, и более высокая соленость (23–26 ‰), при которой наблюдаются более высокие темпы вегетативного роста диатомовых водорослей [Давидович и др., 2016; Багмет и др., 2017].

Литература

Астахова Л.П. Зависимость индекса сердца и мозга черноморских рыб от их естественной подвижности // Журн. эвол. биох. и физиол. 1983. Т. 19. № 6. С. 594–596.

Багмет В.Б., Абдулин Ш.Р., Кулуев Б.Р., Давидович О.И., Давидович Н.А. Влияние солености на размножение некоторых клонов *Nitzschia palea* (Kutzung) W. Smith (Bacillariophyta) // Экология. 2017. № 3. С. 223–225.

Гончарук В.В., Самсони-Тодоров А.О., Савченко О.А., Лапченко В.А., Коваленко В.Ф. Комплексная оценка токсичности воздуха и морской воды в акватории Карадагского природного заповедника // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов / Ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. Симферополь: Н. Ореанда, 2015. С. 721–726.

Давидович О.И., Давидович Н.А., Подунай Ю.А., Шоренко К.И., Витковский А. Влияние солености среды на вегетативный рост и половое воспроизведение водорослей из рода *Ardissonea* De Notaris (Bacillariophyta) // Физиология растений. 2016. Т. 63. № 6. С. 796–803.

- Довгаль И.В.* Позвоночные животные. Рыбы. Природа Сивашского региона и влияние на нее человека (состояние изученности и библиография). Киев: Wetlands International, 2005. С. 28–30.
- Киселева Г.А.* Современное состояние макрозообентоса в ассимиляциях макрофитов Карадагского природного заповедника (2001–2012 гг.) // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов / Ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. Симферополь: Н. Ореанда, 2015. С. 572–558.
- Ковригина Н.П., Бобко Н.И., Смирнова Ю.Д.* Современное состояние загрязненности морской акватории Карадагского заповедника // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В.Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. випуск «Гидроєкологія». 2005. № 4 (27). С. 119–120.
- Ковригина Н.П., Трощенко О.А., Щуров С.В.* Особенности пространственного распределения гидролого-гидрохимических показателей прибрежной акватории Карадага в современный период (2005–2006 гг.) // Карадаг–2009: сборник научных трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной Академии наук Украины. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 446–461.
- Ломакин П.Д., Чепыжко А.И., Чепыжко А.А.* Оценка загрязнения Прибрежных вод у Карадагского заповедника в мае 2007 г. по данным оптических наблюдений // Карадаг–2009: сборник научных трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной Академии наук Украины. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 439–435.
- Лукьяненко В.И.* Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: ВО Агропромиздат, 1987. 240 с.
- Мальцев В.И., Иванчикова Ю.Ф.* Прибрежный ихтиокомплекс акватории Карадагского природного заповедника (Черное море, Крым) // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов / Ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. Симферополь: Н. Ореанда, 2015. С. 584–589.
- Моисеенко Т.И.* Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С. Шварца) // Экология. 2000. № 6. С. 463–472.
- Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром., 1966. 376 с.
- Рокицкий П.Ф.* Основы вариационной статистики для биологов. Минск: Бел. гос. ун-тет, 1961. 222 с.
- Сабодаш В.М., Семененко Л.И.* Экология и интродукция дальневосточной кефали-пиленгаса *Mugil So-Iuy Basilevsky* в водоемах Украины // Гидробиол. журн. 1995. Т. 31. № 5. С. 38–45.
- Световидов А.А.* Рыбы Черного моря. 1964. С. 215–220.
- Силкина Е.Н.* Особенности углеводного обмена в скелетных мышцах и печени рыб различной естественной подвижности. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л, 1991. 24 с.
- Трощенко О.А., Гринцов В.А., Губанов В.И., Евстигнеева И.К., Субботин А.А.* Источники субмаринной разгрузки как фактор биоразнообразия в районе Карадага // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. випуск «Гидроєкологія». 2005. № 4 (27). С. 250–251.
- Трощенко О.А., Ковригина Н.П.* Особенности распределения гидролого-гидрохимических показателей в прибрежной зоне Карадагского природного заповедника и Коктебельской бухте в теплый период 2005–2014 годов // Заповедники Крыма–2016: тезисы 8 Международной научно-практической конференции (Симферополь, 28–30 апреля 2016 г.). Симферополь, 2016. С. 169–171.
- Трощенко О.А., Субботин А.А., Еремин И.Ю.* Изменчивость параметров термохалинной структуры вод в прибрежной зоне Карадагского природного заповедника по данным многолетних наблюдений // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов / Ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. Симферополь: Н. Ореанда, 2015. С. 748–752.
- Шайдуллина Ж.М.* Сезонная и возрастная динамика морфологических показателей леща реки Урал. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астраханский гос. техн. университет. Астрахань, 2009. 24 с.
- Шварц С.С., Смирнов В.С., Добрынский Л.Н.* Метод морфологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 1968. 387 с.
- Шульман Г.Е.* Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищ. Пром, 1972. 367 с.