

ПОКАТНАЯ МИГРАЦИЯ МОЛОДИ РЫБ, СВЯЗАННАЯ С ДРЕЙФОМ ВОДНОГО ГИАЦИНТА (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

© 2019 Нездолий В.К.*, Павлов Д.С. **

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова
Российской Академии Наук (ИПЭЭ РАН), Москва 119071, Россия;
Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр;
Москва 119071, Россия;
e-mail: *nezvic@rambler.ru; **acad.pavlov@gmail.com

Поступила в редакцию 23.07.2019. После доработки 28.07.2019. Принята к публикации 21.08.2019

В дельте р. Меконг исследована пассивная покатная миграция молоди рыб, ассоциированных с инвазивным видом – водным гиацинтом (*Eichhornia crassipes*). Показано, что программа поведения молоди, направленная на выход из прибрежной закрепленной растительности в транзитный поток для миграции, сохраняется и в случае с дрейфующим водным гиацинтом. Выявлено, что в целом пассивная покатная миграция имеет три составляющих: дрейф молоди с зарослями водного гиацинта; выход молоди в транзитный поток в сумеречно-ночной период из прибрежных биотопов; выход молоди в транзитный поток в сумеречно-ночной период из дрейфующих зарослей гиацинта. Отмечено, что покатная миграция молоди рыб, связанная с дрейфом водного гиацинта в дельте р. Меконг заканчивается массовой гибелью при выносе в море.

Ключевые слова: покатная миграция, молодь рыб, дрейф, водный гиацинт, р. Меконг.

Введение

Покатная миграция ранней молоди рыб заключается в её перемещении от нерестилищ к местам нагула и направлена на расселение молоди и освоение трофической части ареала. Такая миграция, как правило, носит массовый характер и свойственна большинству видов речных рыб.

Исследования покатной миграции позволили установить, что в светлое время суток молодь многих видов рыб находится в зоне прибрежной растительности (резидентный биотоп), а в тёмное время суток, начиная с вечерних сумерек, активно выходит в транзитный поток (миграционный биотоп) и далее пассивно перемещается вместе с ним вниз по течению. Утром, с рассветом, молодь возвращается в прибрежье реки [Павлов, 1979; Павлов и др., 1981; Pavlov, Lupandin, Kostin et al., 2001; Павлов, Лупандин, Костин, 2007; Pavlov, Mikheev, 2017].

Покатная миграция рыб, как правило, изучалась на реках с прибрежной водной раститель-

ностью, прикреплённой к дну (стационарные резидентные биотопы). Однако, иногда такая растительность, по тем или иным причинам, отрывается от берега и сносится течением. При этом молодь рыб, держащаяся около этой растительности, также дрейфует вместе с ней вниз по течению (дрейфующий резидентный биотоп). Это редкое явление для умеренных и северных широт является весьма масштабным и распространённым для рек и водоёмов тропической зоны [Oliver and McKaye, 1982; Henderson and Hamilton, 1995; Adams et al., 2002; Agostinho et al., 2007; Bulla et al., 2011].

Особое значение в этой связи для р. Меконг представляет плавающее растение водный гиацинт (*Eichhornia crassipes*). Это инвазивный вид из Южной Америки, расселившийся по всему миру в конце XIX – начале XX в. Многие протоки дельты Меконга, а также заливы и пойменные озёра, покрыты водным гиацинтом. Специфика этого растения заключается в том, что оно образует как мощные прибрежные

заросли, так и отрывающиеся от них разномерные дрейфующие скопления, получившие название плавучие острова. Многие виды рыб ассоциированы с зарослями водного гиацинта, которые являются типичными биотопами, где происходит размножение и питание рыб, рост молоди, защита от хищников и от мощной инсоляции.

Дрейф плавучих островов водного гиацинта способствует пассивному расселению ассоциированной с ними молоди рыб, то есть их покатной миграции [Oliver and McKaye, 1982; Нездолий, 1997; Hortle et al., 2003; Schiesari et al., 2003; Bulla et al., 2011; Suarez et al., 2013]. Однако остаётся не ясным, сохраняется ли при этом другая составляющая покатной миграции – активный выход молоди в транзитный поток в тёмное время суток? Ответ на этот вопрос и стал целью данной работы. В соответствии с этим была поставлена задача: определить концентрацию ранней молоди рыб в дневной и ночной периоды на участке без гиацинта (транзитный поток на удалении от гиацинта) и на участке вблизи гиацинта.

Методы исследований

Полевые исследования покатной миграции ранней молоди рыб были проведены в период массового дрейфа водного гиацинта в конце влажного сезона (ноябрь, 2012), на одном из крупнейших рукавов дельты Меконга – Шонг-Хау (SÔNG HẬU) у г. Тяудок (10.69908°N; 105.12614°E), удалённого от моря на расстояние около 200 км. Ширина этой протоки составляла 380 м, максимальная глубина 16 м, температура воды 20–26 °C, прозрачность 50 см по диску Секки, солёность приближалась к нулю. Покрытие поверхности протоки водным гиацинтом составляло от 20 до 70%. Эта величина колебалась в зависимости от скорости течения, силы и направления ветра, а также интенсивности судоходства. В протоке плывут как отдельные растения, так и их скопления от нескольких экземпляров до десятков тысяч растений, которые могут многократно разъединяться или объединяться, образуя единый ковёр.

Применялась методика активного лова на двух соседних участках потока:

- по краю плавучих островов на расстоянии 1–2 м;
- на открытом участке потока, на расстоянии 20–25 м от плавучих островов.

Для траления использовалась ихтиопланктонная конусная сеть (ИКС) из капронового сита № 11, с площадью устья 0.38 м² и длиной 2.5 м [Павлов, Нездолий и др., 1981, Nezdolii, Pavlov et al., 2010]. ИКС крепилась перед носовой частью моторной лодки и облавливала поверхностный горизонт потока (0.0–0.5 м). Траление проводилось против течения со скоростью движения лодки около 0.7 м/с в дневные и ночные часы. Время траления 10 мин.

После подъёма из воды всё содержимое пробы сразу фиксировали 4–8%-м формалином. В пробах ранняя молодь рыб была представлена личинками с длиной тела 7–12 мм. Помимо личинок рыб в пробах отмечались, беспозвоночные и мусор неорганического и органического происхождения. Личинок извлекали из пробы и фиксировали в 4%-м формалине для последующего определения таксономического статуса и длины (*l*, мм).

Из-за отсутствия регионального определителя личинок рыб использовали собственные данные по ранним стадиям развития молоди, накопленные при исследовании покатной миграции молоди рыб во Вьетнаме в период 1987–2018 гг. [Nezdolii, Pavlov et al., 2010; Нездолий и др., 2014], а также Базу данных рыб Меконга [Mekong Fish Data Base, 2003]. Таксономическую принадлежность личинок определяли, как правило, только до отряда.

Для расчёта концентрации покатников на участке взятия проб гидрометрической вертушкой ГР-55 измеряли скорость течения в устье ИКС. Концентрацию рыб рассчитывали по формуле:

$$C_{100} = 100N/S \cdot V \cdot T,$$

где C_{100} – концентрация рыб (экз.) на 100 м³ воды; N – количество рыб в улове, экз.; S – площадь устья ИКС, м²; T – время лова, с; V – скорость течения в устье сетки, м/с.

Результаты и их обсуждение

Собраный материал представлен в таблице.

Всего было поймано 183 личинки, которые принадлежали к четырём отрядам – Osmeriformes (длина 7–12 мм), Perciformes (4–11 мм), Cypriniformes (8–10 мм) и Siluriformes (7–8 мм). Неидентифицированные, повреждённые при ловле личинки составили 6.5%.

Днём концентрация личинок рыб вблизи гиацинта была в 9.5 раза больше, чем на участках воды без него (23.7 и 2.5 экз./100 м³, соответственно). Ночью это соотношение было противоположным (4.2 и 8.0 экз./100 м³, соответственно), то есть концентрация рыб на участках без гиацинта была выше в 1.9 раза (рис.).

Непараметрический дисперсионный анализ Краскела – Уоллеса показал, что концентрация покотников достоверно ($p < 0.05$) различается днём и ночью, близи плавучих островов и вдали от них и при сочетании этих двух факторов.

Ночью концентрация покотников вблизи гиацинта уменьшалась в 5.6 раза, а в транзитном потоке на удалении от гиацинта, напротив, увеличивалась в 3.2 раза. Это указывает на то, что значительная часть рыб ночью покидает дрейфующие заросли гиацинта и выходит в транзитный поток.

Таким образом, эволюционно сложившаяся программа миграционного поведения

[Павлов, Лупандин, Костин, 2007; Pavlov, Mikheev, 2017], направленная на выход молоди в сумеречно-ночной период из стационарных резидентных биотопов в транзитный поток, сохраняется и в случае с дрейфующими плавучими островами. Следует отметить, что эта программа поведения реализуется, несмотря на то, что появилась новая, более мощная составляющая покотной миграции – пассивная покотная миграция молоди с дрейфующим резидентным биотопом из водного гиацинта.

Оценивая в целом явление покотной миграции ранней молоди речных рыб, ассоциированных с плавающим водным гиацинтом, можно выделить три составляющие этого процесса:

- пассивная покотная миграция молоди с дрейфующими зарослями водного гиацинта (молодь перемещается вместе со своим биотопом, не выходя в тёмное время суток в транзитный поток; направление и скорость её дрейфа определяются вектором и скоростью речного потока и розой ветров);

- пассивная покотная миграция молоди, выходящей в сумеречно-ночной период из прибрежных стационарных резидентных биотопов в транзитный поток;

- пассивная покотная миграция молоди, выходящей в сумеречно-ночной период из дрейфующих резидентных биотопов в транзитный поток.

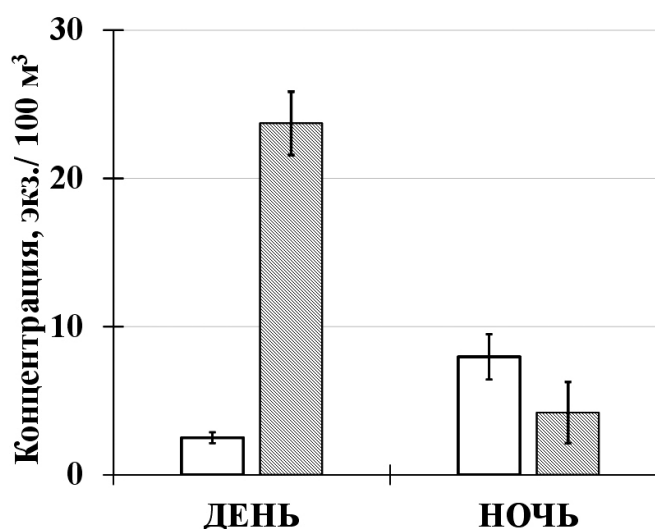


Рис. Концентрация личинок днём и ночью на участках воды вблизи плавающих скоплений гиацинта и на удалении от них. Участки воды: □ – без гиацинта, ■ – вблизи гиацинта; I – ошибка средней.

Таблица. Концентрация покатной молоди рыб на участках потока вблизи дрейфующего гиацинта и на удалении от него (дельта р. Меконг, протока Шонг-Хау, 15–16 ноября, 2012 г.; н. и. личинки – неидентифицированные личинки)

Время лова, час, мин.	Таксон	Количество, экз.	Концентрация, экз./100м ³	Время лова	Таксон	Количество, экз.	Концентрация, экз./100м ³
ДЕНЬ							
Участки воды без гиацинта							
13:40–13:50	Osmeriformes	3	1.85	19:20–19:30	Osmeriformes	9	5.67
	Siluriformes	1	0.63		Supriniformes	5	3.15
14:00–14:10	Osmeriformes	5	3.15	19:40–19:50	Osmeriformes	3	1.85
	Osmeriformes	2	1.26		н.и. личинки	5	3.15
14:20–14:30	Osmeriformes	2	1.26	20:00–20:10	Osmeriformes	15	9.45
	Perciformes	1	0.63		Perciformes	1	0.63
Участки вблизи гиацинта							
15:40–15:50	Osmeriformes	28	17.64	20:20–20:30	Osmeriformes	12	7.56
	Perciformes	3	1.85		Perciformes	1	0.63
16:00–16:10	Osmeriformes	33	20.79	20:40–20:50	Osmeriformes	5	3.15
	н.и. личинки	7	4.41		Osmeriformes	1	0.63
16:30–16:40	Osmeriformes	26	16.38	21:20–21:30	Osmeriformes	1	0.63
	Perciformes	16	10.08		Siluriformes	1	0.63

Первая составляющая в дельте р. Меконг играет, по-видимому, основную роль, так как плавучие острова занимают значительную часть поверхности водотока, и их дрейф осуществляется круглосуточно. Вторая и третья составляющие – играют меньшую роль. Они связаны со зрительной ориентацией в потоке воды и реализуются в основном в сумеречно-ночное время, за исключением случаев с высокой мутностью воды, когда скат может идти круглосуточно.

Однако, первая составляющая покатной миграции, будучи самой мощной, может иметь катастрофические экологические последствия для мигрантов, так как их дрейф со своим плавающим биотопом в дельте р. Меконг заканчивается в течение нескольких суток массовой гибелью в солёной воде при выносе плавучих островов в море.

Заключение

Наличие плавающих скоплений водного гиацинта приводит к массовому дрейфу (вынужденная миграция) молоди рыб как резидентов, так и мигрантов. При этом миграция последних происходит не только в тёмное, но и в светлое время суток, что приводит к расширению суточного миграционного окна. Это, соответственно, приводит к резкому увеличению проходимой дистанции как в течение суток, так и в течение всего миграционного периода. Такое увеличение дистанции в пределах речного бассейна может быть благоприятным для популяций рыб, прежде всего, в связи с увеличением их трофической части ареала. Однако, в условиях дельты рек, это будет приводить к выносу молоди в море и к гибели как мигрантов, так и резидентов в солёной воде.

Именно поэтому инвазивный вид – водный гиацинт – нарушает условия естественного воспроизводства многих видов рыб на нижних участках рек, впадающих в море.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность д. б. н. В.Н. Михееву, к. б. н. В.В. Костину и к. б. н. П.И. Кириллову за ценные замечания по рукописи работы.

Финансирование работы

Сбор материала выполнен при финансовой и организационной поддержке Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра. Обработка материала и подготовка статьи выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 19-14-00015.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Нездолий В.К. Особенности ската молоди рыб из водохранилища через турбинный тракт и паводковый водослив // В сб.: Гидравлика и экология, ТГТУ, Тверь. 1997. С. 37–44.
- Нездолий В.К., Павлов Д.С., Нго Чи Тхьен, Нгуен Зуй Тоан, Нгуен Куок Кхань. Покатная миграция молоди рыб в р. Кай // В кн.: Экология внутренних вод Вьетнама // М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. С. 300–320.
- Павлов Д.С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды // М.: Наука, 1979. 319 с.
- Павлов Д.С., Лупандин А.И., Костин В.В. Механизмы покатной миграции молоди речных рыб / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. М.: Наука, 2007. 213 с.
- Павлов Д.С., Нездолий В.К., Ходоревская Р.П., Островский М.П., Попова И.К. Покатная миграция молоди рыб в реках Волга и Или // М.: Наука, 1981. 320 с.
- Adams C.S., Boar R.R., Hubble D.S., Gikungu M., Harper D.M., Hickley P., Tarras-Wahlberg N. The dynamics and ecology of exotic tropical species in floating plant mats: Lake Naivasha, Kenya // *Hydrobiologia*. 2002. 488: 115–122.
- Agostinho A.A., Thomaz S.M., Gomes L.C., Solma L.S., Baltar M.A. Influence of the macrophyte *Eichhornia azurea* on fish assemblage of the Upper Paraná River floodplain (Brazil) // *Aquat Ecol*. 2007. 41:611–619. DOI 10.1007/s10452-007-9122-2.
- Bulla C.K., Gomes L.C., Miranda L.E., Agostinho A.A. The ichthyofauna of drifting macrophyte mats in the Ivinhema River, upper Paraná River basin, Brazil // *Neotropical Ichthyology*. 2011. 9(2):403–409.
- Henderson P.A., Hamilton H.F. Standing crop and distribution of fish in drifting and attached floating meadow within an Upper Amazonian varzea lake // *Fish biology*. 1995. Vol. 47. Iss. 2. August 1995. P. 266–276.
- Hortle K.G., Chea T., Bun R., Em S and Thac P. Drift of fish juveniles and larvae and invertebrates over 24-hour periods in the Mekong River at Phnom Penh, Cambodia // *Proceedings of the 6th Technical Symposium on Mekong Fisheries, Pakse, Lao PDR 26–28 November 2003*. P. 1–15. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1995.tb01894.x.
- Mekong Fish Database. *A Taxonomic Fish Database for the Mekong Basin*. CD published by the Mekong River Commission. Phnom Penh, Cambodia, 2003.
- Nezdolii V.K., Pavlov D.S., Tran Thanh Lan, Pham Hong Phuong, Nguyen Quoc Khanh. Downstream Migration of Juvenile Fish in the Krasnaya River (Vietnam) // *Journal of Ichthyology*. 2010. Vol. 50. No. 11. P. 1002–1013.
- Oliver M.K., McKaye K.R. Floating islands: A means of fish dispersal in lake Malawi, Africa // *Copeia*. 1982. P. 748–754.
- Pavlov D.S., Lupandin A.I., Kostin V.V., Nechaev I.V., Kirillov P.I., Sadkovskii R.V. Downstream migration and behavior of juvenile roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) from two phenotypic groups // *J. of Ichthyology*. 2001. Vol. 41. Suppl. 2. P. 133–179.
- Pavlov D.S., Mikheev V.N. Downstream migration and mechanisms of dispersal of young fish in rivers // *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 2017. Vol. 74. No. 8. P. 1312–1323. DOI: org/10.1139/cjfas-2016-0298.
- Schiesari L., Zuanon J., Azevedo-Ramos C., Garcia M., Gordo M., Messias M., Vieira E.M. Macrophyte rafts as dispersal vectors for fishes and amphibians in the Lower Solimoes River, Central Amazon // *Journal of Tropical Ecology*. 2003. 19: 333–336. DOI: 10.1017/S0266467403003365.
- Súarez Y.R., Ferreira F.S., Tondato K.K. Assemblage of fish species associated with aquatic macrophytes in Porto Murinho Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil // *Biota Neotrop*. 2013. 13(2). P. 182–189. DOI: 10.1590/S1676-06032013000200017.

DOWNSTREAM MIGRATION OF JUVENILE FISH ASSOCIATED WITH THE DRIFT OF WATER HYACINTH (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

© 2019 Nezdoly V.K.*, Pavlov D.S. **

Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS, Moscow 119071, Russia
Russian-Vietnamese Tropical Research and Technological Center, Moscow 119071, Russia

e-mail: *nezvic@rambler.ru; **acad.pavlov@gmail.com

Passive downstream migration of juvenile fish, associated with the invasive species (water hyacinth – *Eichhornia crassipes*) was investigated in the delta of the Mekong River. It was shown that the behavioral program of juveniles, aimed to the leaving of the coastal attached vegetation and entering into transit flow for migration, was the same in the case with drifting water hyacinth too. In general, the passive downstream migration has three components: the drifting of juveniles with thickets of water hyacinth; the entering of juveniles into the transit flow from coastal biotopes during the twilight-nocturnal period; the entering of juveniles into the transit flow from thickets of drifting hyacinth during the twilight-nocturnal period. It should be noted that downstream migrations of juvenile fish associated with drifting water hyacinth in the Mekong Delta may be completed by their mass death in salt water at reaching the sea together with floating hyacinth.

Keywords: downstream migration, juvenile fish, drift, water hyacinth, Mekong River.