

УДК 591.69:597.55

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПАРАЗИТАРНЫХ НАСЕЛЕНИЙ РОТАНА *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii: Odontobutidae) И СТРУКТУРА АРЕАЛА ХОЗЯИНА

© 2017 г. С. Г. Соколов\* @, А. В. Жуков\*\*

\*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
119071 Москва, Ленинский просп., 33

\*\*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,  
49010 Украина, Днепропетровск, просп. Гагарина, 72

@E-mail: sokolovsg@mail.ru

Поступила в редакцию 12.05.2016 г.

Проведен анализ функционального разнообразия паразитарного населения особей ротана, основанный на классификации паразитов по способам заражения рыб. Установлено, что у особей ротана в приобретенной части ареала формируются в основном экологически редуцированные варианты паразитарных населений.

DOI: 10.7868/S0002332917020199

Ротан *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 – один из широко распространенных видов рыб Восточной Европы, Западной Сибири, южных регионов Центральной и Восточной Сибири и Дальнего Востока. Его ареал дифференцирован в пространственно-временном измерении на нативную и приобретенную части (Решетников, 2009). Отмеченные хорологические особенности ротана влияют на таксономическое разнообразие паразитарных населений, сформированных в его популяциях (Соколов, Жуков, 2016).

Мы различаем следующие аспекты разнообразия паразитарных населений: видовой, таксономический и функциональный. Видовой аспект зависит от числа видов и выравниваемости показателей их обилия (Мэгарран, 1992). При таком подходе игнорируются различие или подобие видов, что не соответствует биологической природе разнообразия (Pielou, 1966). Поэтому видовой аспект разнообразия принципиально отличается от прочих аспектов, в которых учтены степени сходства и различия видов. Эти аспекты разнообразия могут быть разделены на две группы, учитывающие близость видов по происхождению (генетическое и таксономическое (филогенетическое разнообразия) (Warwick, Clarke, 1995; Соколов, Жуков, 2014) и по адаптациям к среде (функциональное и морфологическое) (Petchey, Gaston, 2006; Devictor *et al.*, 2010). Часто для описания функционального разнообразия используют комбинации признаков, которые отражают морфологические и физиологические черты организ-

мов, особенности жизненного цикла, расселения и т.д. (Bernhardt-Romergermann *et al.*, 2008).

Цель работы – установить закономерности изменения функционального разнообразия паразитарных населений особей ротана в условиях крупномасштабного расширения ареала хозяина.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы 634 паразитарных населения, сформированные у особей ротана из 22 водоемов, охваченных нативной и приобретенной частями ареала данного хозяина (табл. 1). Географическое положение этих водоемов, а также видовой состав паразитов, показатели зараженности ротана и размерные характеристики обследованных рыб были приведены ранее (Соколов, Фролов, 2012; Соколов, 2013; Соколов, Мошу, 2013; Соколов и др., 2013, 2014; Соколов, Протасова, 2014; Sokolov *et al.*, 2014; Соколов, Новожилов, 2015). В соответствии с единым принципом декомпозиции структуры и разнообразия паразитарных населений (Соколов, 2004; Соколов, Жуков, 2014, 2016) исследуемые группировки паразитов в особях хозяина принадлежат к  $\alpha$ -уровню иерархии населений.

Анализ функционального разнообразия основан на классификации паразитов по способу заражения ротана: группа I – виды, колонизирующие кожные покровы, эпителий жабр и ротовой полости; группа II – виды с перкутанном проникновением; группа III – виды с алиментарным

**Таблица 1.** Данные об изученных выборках рыб

Водоем		n, экз.
название	местонахождение	
“Озеро-1”	Приморье	30
“Озеро-2”	То же	30
“Озеро-3”	»	30
Оз. Сладкое	Сахалин	47
Бердский пруд	Новосибирская обл.	30
Оз. Глушица Подстепная	Воронежская обл.	37
“Пруд-1”	Калининградская обл.	32
Оз. Сазанка	Саратовская обл.	37
“Расловка”	То же	51
“Горнослинкино-2”	Тюменская обл.	23
“Речпорт”	То же	32
Оз. Круглое	Самарская обл.	34
Старица р. Драгиште у с. Булбоака	Республика Молдова	21
“Неверовский карьер”	Московская обл.	30
Пруды Илевского рыбоводного хозяйства	Нижегородская обл.	39
Оз. Жилое	Новосибирская обл.	28
Оз. Проточное	Пермский край	20
Мотовилихинский пруд	То же	33
“Пруд-1”	»	19
“Малое Конёво”	Архангельская обл.	17
Придорожная канава	Новосибирская обл.	30
“Юшала”	Свердловская обл.	17

способом заражения. Группа I объединяет эктопаразитических протистов, моногеней, ракообразных (за исключением взрослых самок *Lernaea elegans* Leigh-Sharpe, 1925), клещей, глосидиев и пиявок; группа II – метациркулярий, взрослых самок *L. elegans* и миксоспоридий; группа III – нематод, скребней, цестод, взрослых трематод, микроспоридий, дипломонад и кокцидий.

Использованы два подхода к описанию функционального разнообразия. Первый из них связан с определением общей длины ветвей дендрограммы населения, построенной на основе матрицы мер различий экологических свойств видов (Petchey, Gaston, 2006). Для построения матрицы подобия/различия по экологическим свойствам, которые являются категориальными переменными, использована метрика Гувера (Gower, 1971). Второй подход – проведение многомерного шкалирования паразитарных населений на основе матрицы подобия, которая учитывает экологические различия между видами (Webb *et al.*, 2008). Вычисления выполнены с помощью программы Statistica 7.0, а также программной оболочки R и библиотек *vegan* (Oksanen *et al.*, 2007), *picante* (Kembel *et al.*, 2010) и *cluster* (Maechler *et al.*, 2015).

Влияние различных переменных на показатели разнообразия оценено с помощью общей линейной модели.

Из всех видов расчетов в данной работе исключены одновидовые паразитарные населения, так как их функциональное разнообразие равно нулю. Численность видов паразитов в населениях была нормирована к диапазону 0–1, где 1 – максимальная численность паразита среди всех обследованных экземпляров рыб. Виды протистов, численность которых нельзя указать в рамках используемой методики числом особей (*Trichodina* spp. и др.), оценены переменной 0 (отсутствие вида) и 10 (его наличие). Процентное распределение экологических групп по кластерам оценено по нормированным показателям численности. Для оценки выравнивания экологических групп использован индекс выравнивания Пиелу (Мэгарран, 1992).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Линейной моделью подтверждается зависимость функционального разнообразия паразитарных населений особей ротана от видового бо-

**Таблица 2.** Общая линейная модель влияния структуры ареала хозяина, пола хозяина и видового богатства паразитов на функциональное разнообразие паразитарных населений особей ротана ( $R^2 = 0.36$ ,  $F = 51.59$ ,  $p = 0$ )

Предиктор	Сумма квадратов	Степень свободы	Средняя сумма квадратов	F-статистика	p-уровень
Коэффициент	110.13	1	110.13	134.96	0
Размер хозяина	1	1	1	1.22	0.27
Видовое богатство паразитов	90.38	1	90.38	110.76	0
Структура ареала	0.05	1	0.05	0.06	0.81
Пол хозяина	4.22	1	4.22	5.18	0.02
Структура ареала × пол хозяина	0.03	1	0.03	0.04	0.85
Ошибка	358.24	439	0.82	—	—

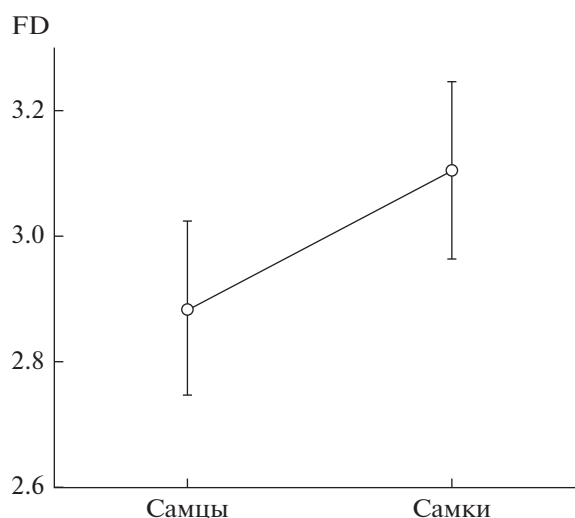
Примечание. “×” – взаимодействие переменных, “–” – оценка не предусмотрена форматом анализа,  $R^2$  – коэффициент детерминации,  $F$  – отношение Фишера,  $p$  – уровень значимости.

гатства самих населений и половой принадлежности хозяина (табл. 2). Функциональное разнообразие изученных населений имеет положительную взаимосвязь с числом составляющих их видов. У самок ротана функциональное разнообразие паразитарных населений выше, чем у самцов (рис. 1). Связь рассматриваемого аспекта разнообразия со структурой ареала хозяина (разделением на нативную и приобретенную части) данной моделью не подтверждается (табл. 2).

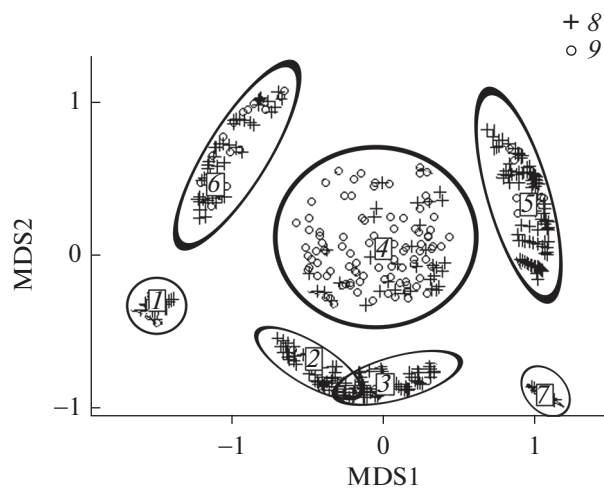
Различия между паразитарными населениями рыб, обитающих в нативной и приобретенной частях ареала, по их функциональному разнообразию выявляются методом многомерного шкалирования. В пространстве многомерных измерений паразитарные населения распределились между семью кластерами (рис. 2). В кластере 4 преобладают населения, сформированные в особях хозяина, обитающих в нативной части ареала (75% числа населений в кластере), во всех остальных кластерах – обитающих в приобретенной части. Однако в кластерах 2 и 6 представленность паразитарных населений, связанных с рыбами, живущими в нативных для них водоемах, остается сравнительно высокой (26.4 и 33.3% соответственно). Кластеры 1, 3, 5 более чем на 90%, а кластер 7 – на 100% представлены паразитарными населениями из приобретенной части ареала хозяина. Только кластер 4 включает в себя населения, состоящие из видов трех экологических групп. Населения прочих кластеров содержат виды двух (кластеры 2, 3, 5, 6) или одной (кластеры 1 и 7) экологических групп (рис. 3).

Кластер 4 объединяет 65.6% паразитарных населений, сформированных у ротанов в коренных местообитаниях. Таким образом, в пределах нативной части ареала хозяина для паразитарных населений особей ротана характерно высокое функциональное разнообразие. Основное число

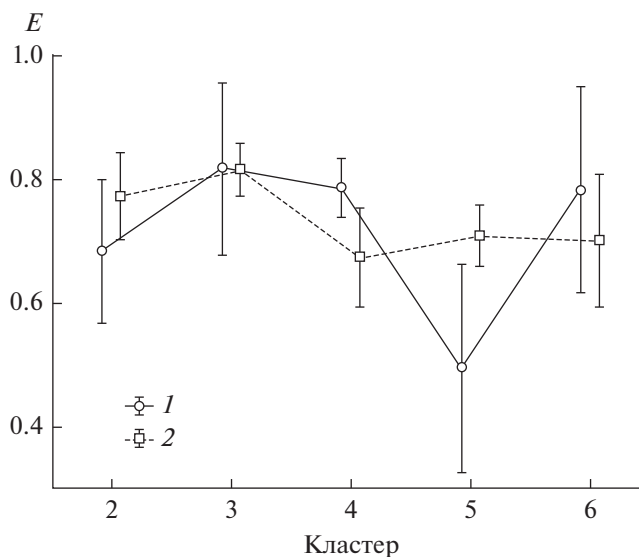
паразитарных населений, сформированных у интродуцированных рыб, представлено в кластерах 1, 2, 3 и 5 (15.1, 12.3, 29 и 23.7% соответственно). Эти кластеры характеризуются меньшим функциональным разнообразием. Все три экологические группы паразитов представлены только в 8.8% населений, связанных с особями интродуцированного ротана. При одинаковой функциональной структуре паразитарные населения у интродуцированных рыб достоверно отличаются по выравненности от таковых у особей из коренных местообитаний только в кластерах 4 (уровень значимости  $p = 0.013$ ) и 5 ( $p = 0.009$ ). При этом в кластере 4 более выравнены населения, сформированные у рыб, приуроченных к нативной части



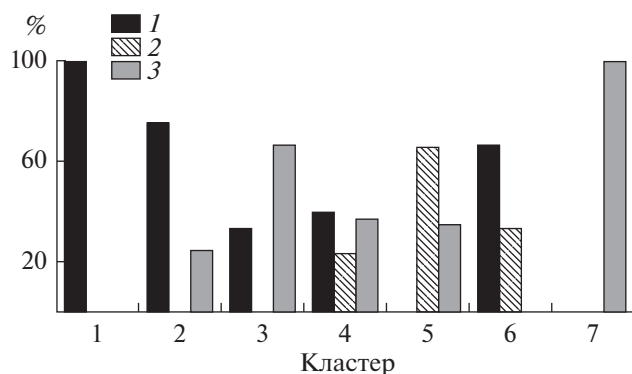
**Рис. 1.** Зависимость функционального разнообразия паразитарных населений особей ротана от половой принадлежности хозяина. FD – индекс функционального разнообразия (Petchey, Gaston, 2006).



**Рис. 2.** Многомерное шкалирование паразитарных населений особей ротана на основе матрицы экологических различий. 1–7 – номера кластеров, 8 – паразитарные населения интродуцированных рыб, 9 – паразитарные населения у рыб из коренных местобитаний, MDS1 и MDS2 – оси многомерного шкалирования.



**Рис. 4.** Зависимость выравненности ( $E$ ) функционального разнообразия паразитарных населений особей ротана от структуры ареала хозяина и кластерной принадлежности населений. 1 – нативная часть ареала, 2 – приобретенная часть ареала.



**Рис. 3.** Распределение экологических групп паразитов и их усредненное соотношение по кластерам (в % численности особей в паразитарных населениях). 1–3 – экологические группы I–III соответственно.

ареала, а в кластере 5 – к приобретенной части (рис. 4).

На территории, охваченной приобретенной частью ареала ротана, обследованы водоемы двух принципиально разных категорий: естественные и приравняемые к ним (озера, старицы рек, запруженные русла рек (Мотовилихинский и Бердский пруды) и их придаточные водоемы (пруды Илевского рыбоводного хозяйства, “Речпорт”) и бессточные искусственные (придорожная канава, “Пруд-1” в Калининградской обл. и Пермском крае, “Неверовский карьер”) (табл. 1). Паразитарные населения особей ротана из указанных копанных прудов распределены только между

двумя кластерами – 1 (“Неверовский карьер” и “Пруд-1” в Калининградской обл.) и 3 (придорожная канава и “Пруд-1” в Пермском крае) (рис. 3). Таким образом, экологическая структура населений в этих водоемах более однообразна по сравнению с естественными водоемами, расположенными на территории приобретенной части ареала хозяина и охваченными спектром кластеров 1–7. В то же время паразитарные населения у рыб из копанных прудов не уникальны по экологической структуре, поскольку в кластеры 1 и 3 входят и населения особей ротанов из естественных водоемов, например “Горнослинкино-2”, оз. Проточное и частично “Речпорт” (кластер 3).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Базовая проблема описания функционального разнообразия паразитарных населений заключается в выборе функциональной (экологической) классификации паразитов. По мнению Педерсен и Фентона (Pedersen, Fenton, 2007), функциональную организацию паразитарных населений (у авторов – сообществ) адекватно характеризует один из трех критериев: пищевой ресурс паразита, локализация в хозяине и индуцируемый паразитом механизм иммунного ответа. Однако рассмотрение большинства видов паразитов с позиций первого и третьего из указанных критериев пока невозможно, поскольку физиологическая информация о них отсутствует или незначительна. Сложность использования второго критерия связана с возможностью регистрации одного и

того же вида паразита (на одной и той же стадии развития) в/на разных органах хозяина. Например, триходины у одной и той же особи рыбы могут присутствовать как на жабрах, так и на плавниках. Остается без ответа и вопрос о масштабировании зон локализации паразитов, что отчетливо иллюстрирует пример с паразитами глаз рыб. Виды с внутриглазной локализацией могут быть рассмотрены как члены одной гильдии либо дифференцированы на паразитов хрусталика, стекловидного тела или других частей глаза. Данная неопределенность вносит высокую долю субъективности в описание функциональной организации паразитарного населения. Мы остановились на классификации, освещающей стратегию освоения хозяина. Помимо этого данная классификация вмещает частичную информацию о локализации паразита. Виды группы I паразитируют на коже, поверхности жабр и ротовой полости. Виды группы II – обитают в толще жаберной ткани и кожных покровов, в мускулатуре, в серозных оболочках, реже в органах пищеварительной системы (микроспоридии желчного пузыря). Виды группы III находятся в основном в пищеварительном тракте и примыкающих к нему органах (брыжейка, печень), реже в мочевыводящей системе (*Phyllodistomum* spp.).

Отмеченная нами зависимость функционального разнообразия паразитов от пола хозяина, по всей видимости, отражает положительную взаимосвязь гендерного фактора с видовым богатством паразитов ротана (Соколов, Жуков, 2014).

Согласно результатам многомерного шкалирования у особей ротана в приобретенной части ареала формируются чаще всего экологически редуцированные варианты паразитарных населений. В случаях с полной комплектацией экологическими группами паразитарные населения у интродуцированных рыб имеют менее выравненную функциональную структуру, чем таковые у рыб из нативной части ареала (рис. 4). В приобретенной части ареала особи ротана с нулевым функциональным разнообразием паразитарных населений (состоящие из одного вида) составляют 36.5, тогда как в нативной части – 5.9%. Эти особенности в сочетании с ранее полученными данными (Соколов, Жуков, 2016) формирует вектор обеднения разнообразия паразитарных населений ротана, направленный из нативной в приобретенную часть ареала данного хозяина.

Чаще всего паразитарные населения у интродуцированных рыб лишены видов группы II – 61.8% против 29.1% (без группы I) и 20.8% (без группы III). Интересно, что в нативном ареале ротана доля населений, лишенных видов группы II, тоже выше таковых без паразитов групп I или III (21% против 6.3 и 10.1% соответственно).

Все три группы паразитов экологически гетерогенны, поскольку содержат специфичные для ротана и эвриксенные виды (Соколов, Жуков, 2016). В целом у интродуцированных рыб, изученных в ходе данного исследования, выявлено четыре специфичных для них паразита. Два из них принадлежат к экологической группе III (*Goussia obstinata* Sokolov et Moshu, 2014 и *Nippo-taenia mogurndae* Yamaguti et Miyata, 1940) и по одному виду – к группам II и I (*Henneguya alexeevi* Schulman, 1962 и *Gyrodactylus perccotti* Ergens et Yukhimenko, 1973 соответственно).

В двух естественных водоемах (озерах Жилом и Глушица Подстепная), охваченных приобретенной частью ареала ротана (из числа учтенных в данной работе), специфичные для данного хозяина паразиты не обнаружены (Соколов и др., 2013; Sokolov *et al.*, 2014). Паразитарные населения у рыб оз. Глушица Подстепная (все принадлежат к кластеру 5) не являются более обедненными по числу формирующих их экологических групп, чем населения у интродуцированных ротанов из водоемов со специфичными для них видами (рис. 3). Среднее значение индекса функционального разнообразия паразитарных населений особей ротана из оз. Глушица Подстепная ( $FD = 2.9$ ) сопоставимо с таковыми из водоемов с одним (например, оз. Проточным –  $FD = 2.8$ ) и даже двумя (например, оз. Сазанка –  $FD = 3$ ) видами, специфичными для данного хозяина. В оз. Жилом ~40% паразитарных населений особей ротана характеризуются нулевым функциональным разнообразием, а населения, сформированные более чем одним видом, представлены двумя экологическими группами (кластер 2) (рис. 3). По представленности населений, функциональное разнообразие которых отлично от нуля, и набору экологических групп в населениях оз. Жилое сопоставимо с водоемами “Речпорт” и “Горнослинкино-2”. Паразитарные населения, сформированные в особях ротана из двух последних водоемов, в основном распределены между кластерами 3 и 2 (рис. 3). В этих водоемах у рассматриваемого хозяина встречаются два специфичных вида (Sokolov *et al.*, 2014). В то же время среднее значение индекса  $FD$  для паразитарных населений особей ротана из оз. Жилого существенно меньше таковых из водоемов “Речпорт” и “Горнослинкино-2” (1.7 против 2.8–3 ( $p = 0.01$ )). На наш взгляд, примеры с озерами Жилом и Глушица Подстепная свидетельствуют о том, что наличие/отсутствие специфичных видов не является однозначным фактором обогащения/редукции функционального разнообразия паразитарных населений, сформированных в особях интродуцированного ротана.

Группа III в экологическом плане более гетерогенна, чем две другие, поскольку помимо специфичных для ротана и эвриксенных паразитов

включает в себя еще моно- и гетероксенные виды. Последние дифференцированы на планктоно- и бентосозависимых паразитов. В приобретенной части ареала ротана экологическая группа III представлена в населенных в основном моноксенными протистами (кокцидиями и дипломонадами) и планктонозависимыми гельминтами (*N. mogurndae*, *Ophiotaenia europaea* Odening, 1963, *Spirochys contortus* (Rudolphi, 1819) и др.). Бентосозависимые гельминты (кариофиллидные цестоды, скребни, ряд нематод и др.) редки. Исключения составляют два водоема — старица р. Драгиште у с. Булбоака и “Расловка” (Соколов, Мошу, 2013; Sokolov *et al.*, 2014). В нативной части ареала хозяина моноксенные протисты рассматриваемой экологической группы в составе изученных паразитарных населений редки, а бентосозависимые гельминты встречаются чаще. Непосредственные пути заражения ротана видами группы III сложны для однозначной расшифровки ввиду свойственной данному хозяину эврифагии со значительной долей хищничества (Плюснина, 2008; Koščo *et al.*, 2008), включения паратенического звена в циркуляцию гетероксенных гельминтов и участия переносчика в передаче моноксенных видов (в частности, олигохет (Steinhagen, Körtling, 1990)). В этой связи наблюдаемая мозаичность зараженности ротана видами группы III вряд ли имеет надежную интерпретацию. Дополнительную сложность создает зависимость зараженности рыб алиментарными видами паразитов от элективности их питания и степени пригодности вида как хозяина (Knudsen *et al.*, 1996; Cirtwill *et al.*, 2016), которая в случаях с интродуцированным ротаном (в привязке к водоемам и приобретенным видам паразитов) пока не может быть адекватно оценена.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его изменение. М.: Мир, 1992. 184 с.
- Плюснина О.В. Питание ротана — *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) в водоемах естественного и инвазийного ареалов // Поволжск. экол. журн. 2008. № 2. С. 120–125.
- Решетников А.Н. Современный ареал рыбы ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 в Евразии // Рос. журн. биол. инвазий. 2009. № 1. С. 17–27.
- Соколов С.Г. Паразитарное население биологической среды как объект синэкологии // Тр. Ин-та паразитологии РАН. 2004. Т. 46. С. 372–381.
- Соколов С.Г. Новые данные о паразитофауне ротана *Perccottus glenii* (Actinopterygii: Odontobutidae) в Приморском крае с описанием нового вида миксопозидий рода *Muxidium* (Muxozoa: Muxidiidae) // Паразитология. 2013. Т. 47. № 1. С. 77–99.
- Соколов С.Г., Жуков А.В. Тенденция изменчивости паразитарных населений ротана *Perccottus glenii* (Actinopterygii: Odontobutidae) в нативной части ареала хозяина // Изв. РАН. Сер. биол. 2014. № 5. С. 518–528.
- Соколов С.Г., Жуков А.В. Разнообразие паразитов ротана *Perccottus glenii* Dybowski 1877 (Actinopterygii: Perciformes) в условиях крупномасштабного расширения ареала хозяина // Изв. РАН. Сер. биол. 2016. № 4. С. 439–448.
- Соколов С.Г., Мошу А.А. Первые сведения о паразитах ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii: Odontobutidae) в водоемах Республики Молдова // Изв. СамарНЦ РАН. 2013. Т. 15. № 3. С. 213–221.
- Соколов С.Г., Новожилков О.А. Зараженность ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii, Odontobutidae) паразитами в копаных прудах // Биология внутр. вод. 2015. № 2. С. 110–112.
- Соколов С.Г., Протасова Е.Н. Паразиты интродуцированного ротана *Perccottus glenii* (Actinopterygii: Odontobutidae) на северной границе ареала хозяина // Рос. журн. биол. инвазий. 2014. № 3. С. 83–87.
- Соколов С.Г., Фролов Е.В. Разнообразие паразитов ротана (*Perccottus glenii*, Osteichthyes, Odontobutidae) в границах нативного ареала // Зоол. журн. 2012. Т. 91. № 1. С. 17–29.
- Соколов С.Г., Бакланов М.А., Зиновьев Е.А. Особенности паразитофауны ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877, Actinopterygii, Odontobutidae) в водоемах города Перми // Экология. 2014. № 5. С. 397–400.
- Соколов С.Г., Лебедева Д.И., Ядренкина Е.Н. Первые данные о паразитофауне ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii: Odontobutidae) в водоемах лесостепной зоны Западно-Сибирской равнины // Паразитология. 2013. Т. 47. № 6. С. 448–460.
- Bernhardt-Romermann M., Romermann C., Nuske R., Parth A., Klotz S., Schmidt W., Stadler J. On the identification of the most suitable traits for plant functional trait analyses // Oikos. 2008. V. 117. № 10. P. 1533–1541.
- Cirtwill A.R., Stouffer D.B., Poulin R., Lagrue C. Are parasite richness and abundance linked to prey species richness and individual feeding preferences in fish hosts? // Parasitology. 2016. V. 143. № 1. P. 75–86.
- Devictor V., Mouillot D., Meynard C., Jiguet F., Thuiller W., Mouquet N. Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: the need for integrative conservation strategies in a changing world // Ecol. Lett. 2010. V. 13. № 8. P. 1030–1040.
- Gower J.C. A general coefficient of similarity and some of its properties // Biometrics. 1971. V. 27. № 4. P. 857–874.
- Kembel S.W., Cowan P.D., Helmus M.R., Cornwell W.K., Morlon H., Ackerly D.D., Blomberg S.P., Webb C.O. Picante: R tools for integrating phylogenies and ecology // Bioinformatics. 2010. V. 26. № 11. P. 1463–1464.
- Knudsen R., Klementsena A., Staldivik F. Parasites as indicators of individual feeding specialization in Arctic charr during winter in northern Norway // J. Fish Biol. 1996. V. 48. № 6. P. 1256–1265.
- Koščo J., Manko P., Miklisová D., Košuthová L. Feeding ecology of invasive *Perccottus glenii* (Perciformes,

- Odontobutidae) in Slovakia // Czech J. Anim. Sci. 2008. V. 53. № 11. P. 479–486.
- Maechler M., Rousseeuw P., Struyf A., Huber M., Hornik K.* Cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.0.3. 2015. Режим доступа: <http://CRAN.R-project.org/package=cluster>.
- Oksanen J., Kindt R., Legendre P., O'Hara R.B.* Vegan: community ecology package version 1.8–5. 2007. Режим доступа: <http://cran.r-project.org>.
- Pedersen A.B., Fenton A.* Emphasizing the ecology in parasite community ecology // Trends Ecol. Evol. 2007. V. 22. № 3. P. 133–139.
- Petchey O.L., Gaston K.J.* Functional diversity: back to basics and looking forward // Ecol. Lett. 2006. V. 9. № 6. P. 741–758.
- Pielou E.C.* Shannon's formula as a measure of species diversity: its use and misuse // Amer. Nat. 1966. V. 100. № 914. P. 463–465.
- Sokolov S.G., Reshetnikov A.N., Protasova E.N.* A checklist of parasites of non-native populations of rotan *Percottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae) // J. Appl. Ichthyol. 2014. V. 30. № 3. P. 574–596.
- Steinhagen D., Körting W.* The role of tubificid oligochaetes in the transmission of *Goussia carpelli* // J. Parasitol. 1990. V. 76. № 1. P. 104–107.
- Warwick R.M., Clarke K.R.* New “biodiversity” measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1995. V. 129. P. 301–305.
- Webb C.O., Ackerly D.D., Kembel S.W.* Phylocom: software for the analysis of phylogenetic community structure and trait evolution // Bioinformatics. 2008. V. 24. № 18. P. 2098–2100.

## Functional Diversity of a Parasite Assemblages of the Chinese Sleeper *Percottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii: Odontobutidae) and Habitat Structure of the Host

S. G. Sokolov<sup>a,\*</sup> and A. V. Zhukov<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, 119071 Russia

<sup>b</sup>Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, 49010 Ukraine

\*e-mail: sokolovsg@mail.ru

Analysis of the functional diversity of the parasite assemblage of Chinese sleeper individuals, based on classification of parasites by the paths of fish infestation, was conducted. It was ascertained that individuals of the Chinese sleeper obtain mainly ecologically reduced variants of parasite assemblages in the acquired part of the habitat.