

**РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ДОЧЕРНЕЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА»  
РЕСПУБЛИКАНСКОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК БЕЛАРУСИ ПО ЖИВОТНОВОДСТВУ»**

# **ВОПРОСЫ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛАРУСИ**

**Сборник научных трудов**

Основан в 1957 году

**Выпуск 26**

**Минск  
РУП «Институт рыбного хозяйства»  
2010**

«ТМ». Имеющийся аналог указанного препарата в жидкой форме не позволяет использовать его в рыбоводстве. Проведены исследования токсичности, эмбриотоксичности, а также эффективности указанного препарата на ограниченном количестве рыб.

В одном из рыбхозов республики, где наблюдались клинические признаки бактериальных инфекций у форели, проведены испытания препарата.

В результате применения препарата состояние рыбы стабилизировалось, отходов и волнения не зарегистрировано. При проведении бактериологических исследований форели получены отрицательные результаты.

Кроме этого для профилактики и лечения бактериальных инфекций у осетровых (ленский осетр) и сомовых (африканский сом и канальный) испытан антибиотик «Энротим – 10 %». Указанный препарат показал свою эффективность и рекомендован для профилактики и лечения инфекционных заболеваний у рыб.

Разработанные отечественные препараты в настоящее время широко применяются в рыбоводных хозяйствах Беларуси.

В связи с тем, что мы имеем с нашими соседями (Литва, Латвия, Украина, Россия) трансграничные водоемы (реки, озера) наше благополучие по болезням рыб напрямую связано с благополучием в их водоемах. Указанные препараты нашли свое применение в рыбоводных хозяйствах Литвы, Украины и Латвии. Это позволило стабилизировать эпизоотическую ситуацию и получать качественную рыбную продукцию.

**УДК 639.3.03:639.3.45**

## **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ИНВАЗИВНОСТИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РЫБ БЕЛАРУСИ**

С.Э.<sup>1</sup> Мاستицкий, Б. В.<sup>2</sup> Адамович

<sup>1</sup>Отдел теоретической биоинформатики, Германский исследовательский центр Рака, г. Хайдельберг, Германия;  
aliensinbelarus@gmail.com

<sup>2</sup>РУП «Институт рыбного хозяйства», Минск, Беларусь  
belniirh@tut.by

## **ASSESSMENT OF POTENTIAL INVASIVENESS OF ALIEN SPECIES OF FISH IN BELARUS**

*Mastitsky S. E., Adamovich B. V.*

<sup>1</sup>Division of Theoretical Bioinformatics, German Cancer Research Center, Heidelberg, Germany  
aliensinbelarus@gmail.com

<sup>2</sup>RUE «Institute of Fish Industry», Minsk, Belarus  
belniirh@tut.by

**Реферат.** В статье приведены результаты оценки потенциальной инвазивности 31 чужеродного вида рыб Беларуси с использованием

протокола FISK (Fish Invasiveness Screening Kit). Создана классификация исследованных видов в соответствии с представляемыми ими рисками, которая может быть использована в системе управления природными ресурсами республики.

**Ключевые слова:** чужеродный вид, рыбы, инвазия, риск.

**Abstract.** The paper demonstrates the results of the assessment of potential invasiveness of 31 alien species of fish in Belarus using the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK). The classification of the investigated species developed according to the risks they pose can be applied in the system of natural resources management.

**Key words:** alien species, fish, invasion, risk.

**Введение.** На протяжении последнего столетия отмечается устойчивый экспоненциальный рост числа чужеродных видов рыб в составе фауны Беларуси [11]. Предполагается, что географическое положение Беларуси наряду с продолжающимся в стране развитием рыночной экономики будет способствовать поддержанию данной тенденции [5, 11]. Биологические инвазии относят сегодня к одной из глобальных эколого-социальных проблем, что обусловлено широким спектром негативных эффектов, вызываемых видами-вселенцами. К сожалению, в Беларуси специальные исследования по оценке потенциальных и реализованных воздействий чужеродных видов рыб и других организмов крайне немногочисленны [5]. В то же время оценка возможных рисков должна быть критическим этапом при планировании аквакультурных проектов и других мероприятий с участием чужеродных организмов. Мировой опыт показывает, что из-за недостаточного внимания, уделяемого этому этапу, экономический эффект от вселения новых объектов аквакультуры часто сводится к минимуму за счет борьбы с вызываемыми ими негативными эффектами [13].

Ранее нами была предпринята первая комплексная попытка оценить потенциальную инвазивность чужеродных видов рыб Беларуси [11]. С момента завершения указанного исследования в научной литературе были опубликованы сообщения о находках в водоемах страны еще пяти новых видов рыб, включая черноморско-каспийскую тюльку *Clupeonella cultriventris*, малую южную колюшку *Pungitius platygaster*, пухлощекую рыбу-иглу *Syngnathus abaster* (syn. *nigrolineatus*) [12], белоперого пескаря *Romanogobio albipinnatus* и золотистую щиповку *Sabanejewia aurata* [4]. Цель данной работы – уточнить разработанную ранее систему классификации чужеродных рыб Беларуси по их инвазионному потенциалу [11] с учетом находок новых видов.

**Материал и методика исследований.** В работе проанализирован инвазионный потенциал 31 чужеродного вида рыб. Нами принят биогеографический подход при отнесении того или иного вида к

категории «чужеродный». Согласно этому подходу, чужеродным считается вид (подвид, форма, раса), который в прошлом не обитал на рассматриваемой территории в связи с наличием определенного барьера (например, неподходящие климатические или гидрологические условия, отсутствие связи между водосборами и т.п.). Как правило, преодоление такого барьера происходит с участием человека в форме преднамеренной или непреднамеренной интродукции видов [8].

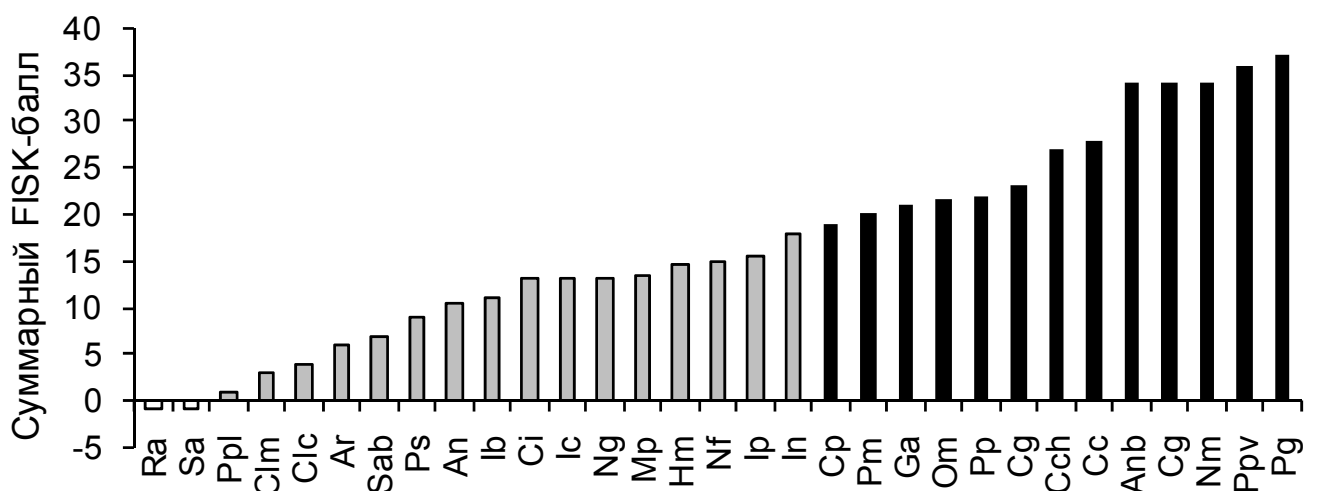
Чужеродный вид считается инвазивным, если он *«...распространяется, с участием человека или без, по естественным и полустественным местообитаниям, вызывая значительные изменения в их составе, структуре или экосистемных процессах, либо причиняя существенный экономический ущерб хозяйственной деятельности человека»* [8]. Для оценки инвазионного потенциала чужеродных видов рыб Беларуси нами использован протокол FISK (от англ. «Fish Invasiveness Screening Kit»). Протокол включает 49 вопросов по биогеографии, биологии и экологии анализируемого вида, на которые необходимо ответить «да/нет/не знаю». В зависимости от ответа каждому вопросу присваивается определенный балл. Кроме того, каждому вопросу исследователь выставляет балл, соответствующий степени уверенности в ответе – от 4 («очень высокая уверенность») до 1 («очень низкая уверенность») (подробнее см. [9, 10]). Все ответы базируются на подробном анализе литературных данных. Нами использованы такие источники, как: 1) оригинальные статьи, представленные в библиографических базах данных Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink и JSTOR; 2) книги и материалы конференций; 3) веб-сайты FishBase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)), FAO ([www.fao.org](http://www.fao.org)), Pesticide Action Network Pesticide Database ([www.pesticideinfo.org](http://www.pesticideinfo.org)), а также региональные базы данных по чужеродным видам.

По результатам ответов на вопросы протокола каждому виду выставляется суммарный балл, что позволяет отнести его к одной из трех групп, различающихся по величине риска негативных воздействий: «низкий риск» (балл <1), «умеренный риск» (от 1 до 18,9) или «высокий риск» ( $\geq 19$ , с максимумом в 54 балла) [10]. Все вычисления были автоматизированы с использованием Excel-приложения, созданного авторами протокола на языке Visual Basic (доступно для свободного скачивания с сайта [www.cefas.co.uk/4200.aspx](http://www.cefas.co.uk/4200.aspx)).

Несмотря на то, что суммарный FISK-балл содержит важную обобщенную информацию о потенциальной инвазивности анализируемого вида рыб, он не позволяет более детально судить о том, какие именно негативные воздействия может вызвать этот вид и насколько они вероятны. Тем не менее, все вопросы протокола автоматически группируются по следующим трем категориям, отражающим разный характер потенциальных воздействий вида: «аквакультура/рыболовство»,

«окружающая среда» и «биопомехи» (подробнее см. [9, 10]). Мы использовали суммарные баллы по каждой из этих категорий для каждого вида рыб для выявления групп видов, сходных по характеру потенциальных воздействий. Данная классификация осуществлена с применением иерархического кластерного анализа, основанного на Евклидовом расстоянии в качестве меры сходства видов и «полном присоединении» в качестве алгоритма формирования кластеров. Статистическая значимость выявленных кластеров оценена с использованием анализа сходства (ANOSIM) [7]. Весь статистический анализ выполнен при помощи программы RPIMER 6 (PRIMER-E Ltd., 2006).

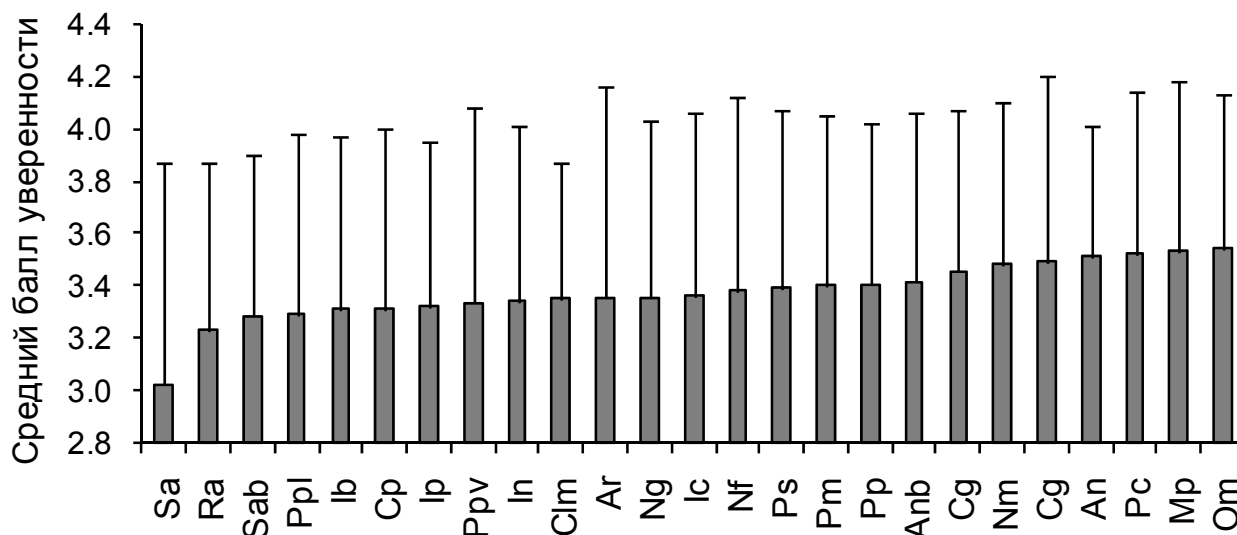
**Результаты исследований и их обсуждение.** Тринадцать из 31 исследованного вида рыб (42 %) получили суммарный FISK-балл  $\geq 19$ , что характеризует их как организмы, представляющие высокий риск стать инвазивными в условиях Беларуси. Среди остальных видов 16 (52 %) представляют умеренный риск и два (6 %) – низкий риск (рис. 1). Доля ответов на вопросы протокола FISK, отличных от «не знаю», была высока и лишь незначительно варьировала между видами (85,7–91,8%). Средние баллы уверенности ответов на эти вопросы ( $\pm$ стандартное отклонение) также оказались высокими, варьируя от  $3,03 \pm 0,85$  до  $3,72 \pm 0,45$  (рис. 2).



**Рисунок 1.** Чужеродные виды рыб Беларуси, ранжированные по величине суммарного FISK-балла. Выявлены три группы видов, представляющих низкий, умеренный и высокий риск стать инвазивными в условиях республики (представлены столбцами белого, серого и черного цвета соответственно).

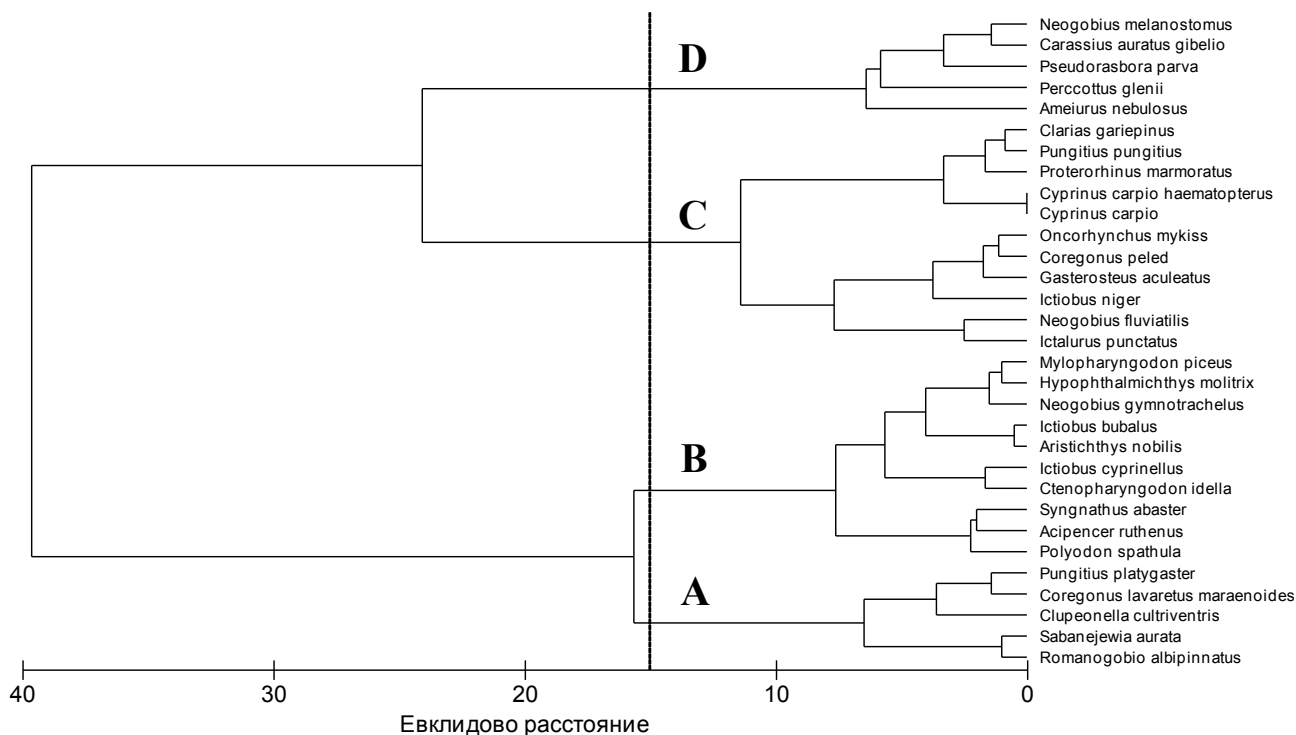
Аббревиатуры названий видов: Ra – *Romanogobio albiguttatus*; Sa – *Sabanejewia aurata*; Ppl – *Pungitius platygaster*; Clm – *Coregonus lavaretus maraenoides*; Clc – *Clupeonella cultriventris*; Ar – *Acipenser ruthenus*; Sab – *Syngnathus abaster*; Ps – *Polyodon spathula*; An – *Aristichthys nobilis*; Ib – *Ictiobus bubalus*; Ci – *Stenopharyngodon idella*; Ic – *Ictiobus cyprinellus*; Ng – *Neogobius gymnotrachelus*; Mp – *Mylopharyngodon piceus*; Hm – *Hypophthalmichthys molitrix*; Nf – *Neogobius fluviatilis*; Ip – *Ictalurus punctatus*; In – *Ictiobus niger*; Cp – *Coregonus peled*; Pm – *Proterorhinus marmoratus*; Ga – *Gasterosteus aculeatus*; Om – *Oncorhynchus mykiss*; Pp – *Pungitius pungitius*; Cg – *Clarias gariepinus*; Cch – *Cyprinus carpio haematopterus*; Cc – *Cyprinus carpio*; Anb – *Ameiurus nebulosus*; Cg – *Carassius gibelio*; Nm – *Neogobius melanostomus*; Ppv – *Pseudorasbora parva*; Pg – *Perccottus glenii*.

Таксономия названий видов приведена в соответствии с FishBase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)).



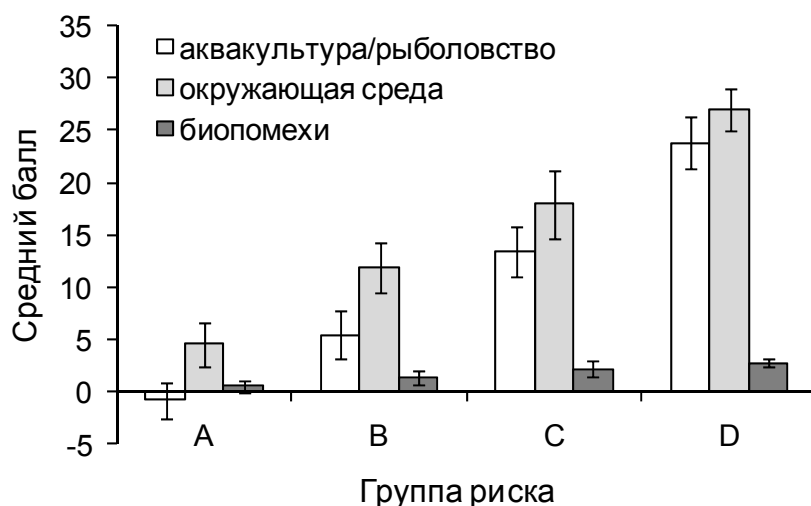
**Рисунок 2.** Чужеродные виды рыб Беларуси, ранжированные по величине среднего балла уверенности на ответы протокола FISK ( $\pm$  стандартное отклонение). Аббревиатуры названий видов соответствуют таковым на рисунке 1.

Приведенные результаты оказались очень сходными с результатами исследования Г. Коппа и соавт. [10], в котором была выполнена оценка инвазионного потенциала 67 чужеродных видов рыб для Великобритании. Авторы установили, что среди этих рыб высокий риск стать инвазивными представляют 51 % видов, умеренный риск – 48 %, и низкий риск – 1 %. Кроме того, для многих видов, проанализированных Г. Коппом и соавт. [10], мы получили схожие суммарные FISK-баллы. Тем не менее, некоторые виды, отнесенные английскими исследователями к группе высокого риска, мы относим к группе умеренного риска (например, чудской сиг *C. l. maraenoides*, пестрый толстолобик *A. nobilis*, бычок-гонец *N. gymnotrachelus*, и др.; см. также [11]). Подобные различия в оценках инвазионного потенциала одного и того же вида, полученных с использованием протокола FISK разными исследователями, нередки (около 18 % случаев в работе [10]). Данное обстоятельство подчеркивает необходимость проведения нескольких независимых экспертиз для получения максимально объективных представлений о потенциальной инвазивности того или иного вида. Безусловно, такие повторные независимые оценки помогли бы в дальнейшем уточнить результаты настоящего исследования.



**Рисунок 3.** Результат кластеризации чужеродных видов рыб Беларуси по величине риска в отношении категорий воздействия «аквакультура/рыболовство», «окружающая среда» и «биопомехи». На евклидовом расстоянии 15 выделены четыре статистически значимых кластера (обозначены буквами A – D;  $P < 0,001$ , ANOSIM).

В опубликованной ранее работе [11] нами были выделены три самостоятельные группы чужеродных видов рыб Беларуси, различающихся по величине рисков в отношении категорий воздействия «аквакультура/рыболовство», «окружающая среда» и «биопомехи». В настоящем исследовании включение в анализ новых привело к созданию более детальной классификации: кластерный анализ выявил четыре четкие группы риска (рис. 3). Для всех проанализированных категорий воздействия риск постепенно повышается от группы видов А к группе D. Наибольшая разница между группами отмечена в отношении категорий «окружающая среда» и «аквакультура/рыболовство», тогда как вероятность стать биопомехой у всех видов оказалась низкой (рис. 4). Установлено, что наибольшие риски по всем трем категориям воздействия представляют следующие пять видов (группа D на рис. 3): карликовый сомик *A. nebulosus*, серебряный карась *C. gibelio*, бычок-кругляк *N. melanostomus*, ротан-головешка *P. glenii* и амурский чебачок *P. parva*. Указанные виды составляют 16 % от всех исследованных чужеродных рыб Беларуси. Эта доля согласуется с хорошо известным в инвазионной биологии «правилом десяти», которое предсказывает, что негативные воздействия в реципиентных экосистемах будут оказывать от 5 % до 20 % (в среднем 10 %) натурализовавшихся чужеродных видов [14].



**Рисунок 4.** Средние FISK-баллы ( $\pm$  стандартное отклонение) в группах риска, выделенных в ходе кластерного анализа (см. рисунке 3 и объяснения в тексте).

В литературе имеются сообщения о целом комплексе негативных воздействий, вызванных видами рыб из группы D (рис. 3) после их вселения в различные водоемы мира. В качестве примеров можно привести конкурентное исключение аборигенных видов рыб, снижение разнообразия местных видов гидробионтов за счет их выедания вселенцем, занос высокопатогенных паразитов, снижение качества воды в результате жизнедеятельности вселенца и т.п. [11]. Несмотря на отсутствие в Беларуси соответствующих обобщающих исследований, в ряде публикаций можно встретить указания на схожие негативные экосистемные эффекты, вызванные этими высокоинвазивными видами в водоемах республики. Так, П. И. Жуков [1] выдвинул гипотезу о том, что интродуцированный в Беларусь серебряный карась со временем вытеснит близкородственный местный вид – карася обыкновенного *Carassius carassius*. Эта гипотеза находит подтверждение в работе Б. В. Адамовича и соавт. [6], которые в ходе выполненного ими в 2002–2003 гг. масштабного обследования рыбного населения белорусской части р. Днепр не обнаружили ранее обычного там *C. carassius*, но в больших количествах вылавливали *C. gibelio*. Аналогично сообщалось и о доминирующем положении карликового сомика в промышленных уловах из нескольких озер на юге республики [2]. Учитывая комплексный характер возможных отрицательных воздействий карликового сомика, серебряного карася, бычка-кругляка, ротана-головешки и амурского чебачка, мы рекомендуем предпринимать максимум усилий по сдерживанию численности и предотвращению расселения этих видов рыб в Беларуси.

Чужеродные виды рыб из других групп, выявленных нами в ходе кластерного анализа, представляют менее значительные риски в отношении проанализированных категорий воздействия. Тем не менее,



численность и расселение этих видов по водоемам Беларуси также должны подвергаться соответствующему контролю, степень которого можно определять в соответствии с полученными нами результатами (рис. 1, 3). При этом важно учитывать, что существенные негативные воздействия могут быть вызваны даже теми чужеродными видами рыб, которые не способны размножаться и создавать устойчивые популяции в условиях Беларуси. Одним из недавних примеров аквакультурных проектов, при планировании которых это обстоятельство не было учтено, является зарыбление озера Большие Швакшты (национальный парк «Нарочанский») белым амуром *C. idella* [3]. В ходе нашего исследования *C. idella* получил общий FISK-балл 13 (рис. 1), что позволяет охарактеризовать его как вид, представляющий умеренный риск стать инвазивным в условиях Беларуси. Одной из причин того, что белый амур обладает умеренным инвазионным потенциалом, является отсутствие у него способности натурализоваться в естественных водоемах республики [1]. Тем не менее, необоснованно высокие плотности посадки *C. idella* привели к коренным изменениям в экосистеме озера Большие Швакшты, что выразилось в существенном ухудшении качества воды и снижении рекреационного потенциала этого водоема [3].

**Заключение.** В результате выполненного исследования обновлена классификация чужеродных рыб Беларуси по их инвазионному потенциалу [11] с учетом находок новых видов. Установлено, что подавляющее большинство проанализированных видов представляют высокий или умеренный риск стать инвазивными в условиях республики. При более детальном анализе по категориям потенциального воздействия («аквакультура/рыболовство», «окружающая среда» и «биопомехи») исследованные виды были разделены на четыре самостоятельные группы риска. Полученные нами результаты могут быть использованы в системе управления природными ресурсами Беларуси, в частности, при определении приоритетов по контролю над численностью и расселением конкретных чужеродных видов рыб.

## Список использованных источников

1. Жуков П.И. Справочник по экологии пресноводных рыб. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 310 с.
2. Макушок М.Е. Карликовый сомик, его хозяйственное значение и биологические особенности. – Мн.: Академия наук БССР, 1951 – 64 с.
3. Остапеня А. П. Изменение экологической ситуации в озере Большие Швакшты и его причины / А.П. Остапеня, Т.В. Жукова // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2009. – Т. 53. № 3. – С. 98–101.
4. Ризевский В.К. Новые виды рыб в фауне Беларуси / В.К. Ризевский, М.В. Плюта, А.В. Лещенко, И.А. Ермолаева, И. В. Новик // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2009. – Т. 53, № 3. – С. 95–97.

5. Семенченко В.П. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси / В.П. Семенченко, А.В. Пугачевский // Наука и инновации. – 2006. – Т. 44, № 10. – С. 15–20.
6. Adamovich B. The change of trophic state downstream in Dnieper River and influence of it on fish community / B. Adamovich, G. Voronova, G. Prischepov, L. Kucko, V. Sennicova // Proceedings of the IV International conference 'Fishery', 27–29 May 2009, Belgrade–Zemun. Faculty of Agriculture University of Belgrade. – Belgrade, 2009. – С. 231–238.
7. Clarke K. R. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation / K. R. Clarke, R. M. – Plymouth: Warwick Primer-E Ltd., 2001. – 172 pp.
8. Copp G.H. To be, or not to be, a non-native freshwater fish? / G.H. Copp, P.G. Bianco, N.G. Bogutskaya, T. Erős, I. Falka, M.T. Ferreira, M.G. Fox, J. Freyhof, R.E. Gozlan, J. Grabowska, V. Kováč, R. Moreno-Amich, A.M. Naseka, M. Peňáz, M. Povž, M. Przybylski, M. Robillard, I.C. Russell, S. Stakėnas, S. Šumer, A. Vila-Gispert, C. Wiesner // Journal of Applied Ichthyology. – 2005. – № 21. – S. 242–262.
9. Copp G.H. Risk identification and assessment of non-native freshwater fishes: concepts and perspectives on protocols for the UK. Science Series Technical Report / G. Copp, R. Garthwaite, R.E. Gozlan. – Cefas Lowestoft, 2005. – 32 pp.
10. Copp G.H. Calibration of FISK, an invasiveness screening tool for nonnative freshwater fishes / G.H. Copp, L. Vilizzi, J. Mumford, G.V. Fenwick, M.J. Godard, R.E. Gozlan // Risk Analysis. – 2009. – № 29. – S. 457–467.
11. Mastitsky S.E. Non-native fishes of Belarus: diversity, distribution, and risk classification using the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK) / S.E. Mastitsky, A.Y. Karatayev, L.E. Burlakova, B.V. Adamovich // Aquatic Invasions. – 2010. – V. 5. № 1. – S. 103–114.
12. Semenchenko V.P. Checklist of aquatic alien species established in large river basins of Belarus / V.P. Semenchenko V.K., Rizevsky, S.E. Mastitsky, V.V. Vezhnovets, M.V. Pluta, V.I. Razlutsky, T. Laenko // Aquatic Invasions. – 2009. – № 4. – S 337–347.
13. Turchini G.M. Bio-economical and ethical impacts of alien finfish culture in European inland waters / G.M. Turchini, S.S. De Silva // Aquaculture International. – 2008. – № 16. – S. 243–272.
14. Williamson M. The varying success of invaders / M. Williamson, A. Fitter // Ecology. – 1996. – № 77. S. 1661–1666.