

Научная статья
УДК 639.2.053.7(262.5)
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-1-23-38>
EDN ITKIND

Особенности биологии промысловых рыб Малого Аральского моря (Казахстан)

А. О. Смуров^{1✉}, *З. Ермаханов*², *И. С. Плотников*³, *Н. В. Аладин*⁴, *Ж. З. Ермаханова*⁵

^{1, 3, 4}*Зоологический институт Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Россия, alexey.smurov@zin.ru*[✉]

²*Аральский филиал ТОО «Научно-исследовательский институт экологии и биоресурсов
Арало-Сырдарьинского бассейна»,
Аральск, Республика Казахстан*

⁵*Аральский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»,
Аральск, Республика Казахстан*

Аннотация. Цель работы – оценка биологических характеристик основных популяций промысловых рыб Малого Аральского моря в 2022 г. и изменений, которые произошли в них за период с 2013 г. Рыб для исследования отлавливали по всему Малому Аралу в шести промысловых районах. По итогам 2022 г. в ихтиофауне насчитывалось 15 промысловых видов, из которых лещ, судак, плотва и сазан были наиболее многочисленными. На долю остальных рыб в исследовательских уловах приходилось от 0,5 до 5 %. В сравнении с 2013 г. видовой состав промысловых частей ихтиофауны почти не изменился. Средние размеры большинства видов рыб за период 2013–2022 гг. также практически не изменились, отмечается только незначительное измельчание леща и плотвы. Возрастной состав некоторых рыб заметно изменился. Промысловая популяция сазана, толстолобика, сома и змеёголова в 2022 г. представлена более возрастными особями, чем в 2013 г. В популяциях чехони и плотвы, наоборот, преобладают более молодые рыбы. Были исследованы соотношения полов у рыб в зависимости от изменения солёности воды в Малом Арале. В результате были получены достоверные положительные корреляции для леща, белого толстолобика, белого амура и судака. Для красноперки, наоборот, была получена достоверная отрицательная корреляция.

Ключевые слова: Малое Аральское море, промысловые рыбы, видовой состав, рост, соотношение полов, промысловое значение

Благодарности: работа выполнена при поддержке ФБГУН «Зоологический институт Российской академии наук» (ЗИН РАН), тема государственного задания на 2022–2024 гг. 122031100274-7 «Систематизация и изучение динамики биологического разнообразия и функционирования экосистем континентальных водоемов в условиях антропогенного воздействия и изменения климата».

Для цитирования: Смуров А. О., Ермаханов З., Плотников И. С., Аладин Н. В., Ермаханова Ж. З. Особенности биологии промысловых рыб Малого Аральского моря (Казахстан) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2025. № 1. С. 23–38. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-1-23-38>. EDN ITKIND.

Original article

Features of biology of commercial fishes of the Small Aral Sea (Kazakhstan)

A. O. Smurov^{1✉}, *Z. Ermakhanov*², *I. S. Plotnikov*³, *N. V. Aladin*⁴, *Zh. Z. Ermakhanova*⁵

^{1, 3, 4}*Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint Petersburg, Russia, alexey.smurov@zin.ru*[✉]

²*Aral Branch of “Research Institute of Ecology and Bioresources of the Aral-Syrdarya Basin”, LLP,
Aralsk, Republic of Kazakhstan*

⁵*Aral Branch of “Research and Production Center for Fisheries”, LLP,
Aralsk, Republic of Kazakhstan*

Abstract. The purpose of the work was to assess the biological characteristics of the main commercial fish populations of the Small Aral Sea in 2022 and the changes that have occurred in them since 2013. The fish for the study were caught throughout the Small Aral in six fishing areas. According to the results of 2022, there were 15 commercial species in the ichthyofauna, of which bream, zander, roach and carp were the most numerous. The share of other fish in the research catches was from 0.5 to 5%. Compared to 2013, the species composition of the commercial part of the ichthyofauna has remained almost unchanged. Average sizes of most fish species for the period 2013-2022 also remained virtually unchanged. It should be noted only a slight grinding of bream and roach. The age composition of some fish has changed noticeably. The commercial population of carp, silver carp, wels and snakehead in 2022 is represented by older individuals than in 2013. In the populations of sabrefish and roach, on the contrary, younger fish predominate. Sex ratios in fish were studied depending on changes in water salinity in the Small Aral Sea. As a result, significant positive correlations were obtained for bream, silver carp, grass carp and zander. For rudd, on the contrary, a significant negative correlation was obtained.

Keywords: Small Aral Sea, commercial fish, species composition, growth, sex ratio, commercial importance

Acknowledgment: the work was supported by the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences (ZIN RAS), the topic of the state assignment for 2022–2024 122031100274-7 “Systematization and study of the dynamics of biological diversity and the functioning of ecosystems of continental water bodies under conditions of anthropogenic impact and climate change”.

For citation: Smurov A. O., Ermakhanov Z., Plotnikov I. S., Aladin N. V., Ermakhanova Zh. Z. Features of biology of commercial fishes of the Small Aral Sea (Kazakhstan). *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2025;1:23-38. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-1-23-38>. EDN ITKIND.

Введение

Аральское море в недавнем прошлом было большим континентальным водоемом – 66 000 км² в 1960 г. Оно имело обедненную, по сравнению с другими крупными бассейнами Понто-Арало-Каспийской зоогеографической провинции, фауну свободноживущих беспозвоночных и рыб. Всего в XX в. в Арале обитали 20 аборигенных видов рыб, из которых 12 видов относились к карповым. В результате плановых и случайных вселений в Аральское море список рыб пополнился еще 17 видами [1].

С 1961 г. началась регрессия Арала, причиной которой было изменение баланса прихода и расхода воды в водоеме, вызванное изъятием воды на орошение. Падение уровня сопровождалась увеличением солености моря, которое сначала привело к заметному снижению выживаемости личинок и молоди пресноводных рыб, а впоследствии и к вымиранию взрослых рыб. Когда в 1988–1989 гг. прежде единый Арал распался на Большой и Малый, в его икhtiофауне оставалось 7 видов, и 6 из их числа были вселенцами [2]. Насыпанная в 1992 г. земляная дамба в проливе Берга остановила дальнейшее падение уровня Малого Арала и рост его солености [3]. Из-за того, что эта дамба была без устройства для сброса излишков воды, то, когда весной сток р. Сырдарьи увеличивался, она прорывалась, и каждый раз дамбу восстанавливали [2]. Уровень Малого в целом стабилизировался, а соленость продолжала постепенно снижаться. Малый Арал к началу 2000 г. «созрел» для возвращения пресноводных рыб, блестяще подтвердив гипотезу Г. В. Никольского [4] о том, что икhtiофауна Арала возникла из фауны впадающих в море рек.

В настоящее время благодаря построенной в 2004–2005 гг. в проливе Берга надежной Кокаральской плотине с водосбросом и увеличению

в отдельные годы стока р. Сырдарьи уровень Малого Аральского моря достиг отметки 42,5 м, и площадь его составляет около 330 000 га.

Результаты повышения уровня Малого Арала и снижения его солености стали заметны уже в 2005–2006 гг. Ускорилось возвращение пресноводных рыб в Малый Арал, и в нем постепенно сформировались их постоянные популяции. К настоящему времени Малое Аральское море после десятилетий рукотворного кризиса вернуло свое значение для рыбного хозяйства.

В настоящее время Малое Аральское море, наряду с Каспийским морем и оз. Балхаш, имеет большое значение для рыбного хозяйства Республики Казахстан. Официальные выловы на этом водоеме достигают 7 тыс. т в год и могли бы быть больше на несколько тысяч тонн, если бы не гибель большого количества рыбы, уносимой с водой при ее сливе весной через водосброс Кокаральской плотины. По имеющимся сведениям, браконьерство на Малом Арале также наносит значительный урон [2, 5]. Если считать, что общий вылов рыбы на внутренних водоемах Казахстана не превышает 40–45 тыс. т в год [6], то на долю Малого Арала ежегодно приходится 15–20 % общей добычи рыбы в Казахстане.

Возобновление рыбного промысла на Малом Арале потребовало постоянного отслеживания состояния промысловых популяций основных видов рыб и исследования условий их обитания. Изучение гидролого-гидрохимического режима необходимо из-за того, что состояние икhtiофауны Малого Аральского моря во многом зависит от объема стока р. Сырдарьи. Сток р. Сырдарьи и уровень Малого моря влияют на концентрацию промысловых популяций рыб по рыбопромысловым районам. В маловодные годы на зиму рыба концентрируется в устьевом районе, а в многоводье в центре

моря. По результатам зимнего подледного лова максимальная концентрация промысловых популяций была обнаружена в восточной части водоема напротив поселка Тастубек, а также в заливах Бутакова и Шевченко. Подъем уровня в весенний период приводит к расширению акваторий рыбопромысловых участков и к распространению рыб по всему Малому Аралу.

Регулярный исследовательский лов, проводимый Казахским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства (КазНИИРХ), возобновился на Малом Аральском море в самом начале 2000 г. Большинство пресноводных видов рыб вновь образовали в водоеме популяции к началу 2010 г. Мы имеем возможность сравнить полученные нами данные по состоянию промысловых популяций рыб Малого Арала 2022 г. с данными,

полученными КазНИИРХ в 2013 г. Целью настоящего исследования было оценить биологические характеристики популяций основных промысловых рыб Малого Арала и выявить изменения, которые произошли за время, прошедшее с 2013 г.

Материал и методика

Материал для исследования собирали в апреле 2022 г. на всей акватории Малого Аральского моря. По своей гидрографии, распределению минерализации воды и биотопов оно подразделяется на следующие 6 промысловых районов: залив Шевченко; центральный район, глубоководная часть; обособленный неглубокий залив Бутакова с повышенной соленостью; восточная часть; опресняемый стоком р. Сырдарья приустьевой район; залив Сарышыганак (рис. 1).

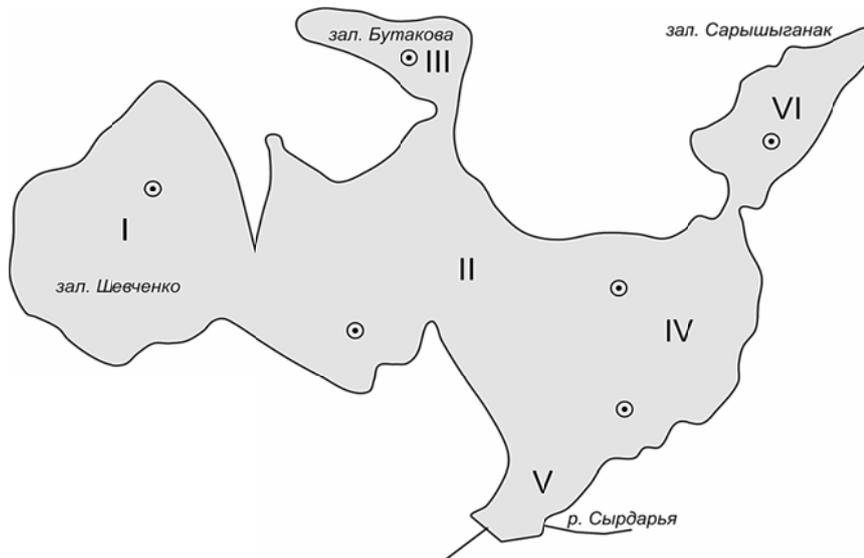


Рис. 1. Рыбопромысловые районы Малого Аральского моря:
I – залив Шевченко; II – центральный район, глубоководная часть;
III – обособленный неглубокий залив Бутакова с повышенной соленостью; IV – восточная часть;
V – опресняемый стоком р. Сырдарья приустьевой район; VI – залив Сарышыганак

Fig. 1. Fishing areas of the Small Aral Sea:
I – Shevchenko Bay; II – the central area, the deep-water part;
III – the isolated shallow Butakov Bay with increased salinity; IV – the eastern part;
V – the estuary area desalinated by the runoff of the Syrdarya River; VI – Saryshyganak Bay

Рыб ловили ставными сетями с размером ячеи 30–65, 70–90 мм. Длину рыб, мм, измеряли мерной доской, а массу, г, – бытовыми весами (до 20 кг). Половозрелыми считались рыбы, чьи гонады находились на III–IV стадиях зрелости. Возраст почти всех видов рыб определялся по чешуе и только у камбалы-гlossы по отолитам.

Для анализа полового состава популяции был использован критерий χ^2 . Вычисляли также линейную регрессию между соленостью воды Малого Аральского моря и соотношением самцов и самок в популяциях промысловых видов. Для оценки ка-

чества регрессионных моделей был использован F-критерий Фишера.

Общий объем исследованного материала в 2022 г. составил 1 368 экземпляров. Для сравнения также были использованы данные 2013 г. и данные из статьи [7].

Соленость воды Малого Арала определяли в лаборатории титрованием по хлору с дальнейшим пересчетом согласно формулам [8]. Результаты измерений солености за 2002–2013 гг. и 2022 гг. приведены на рис. 2.

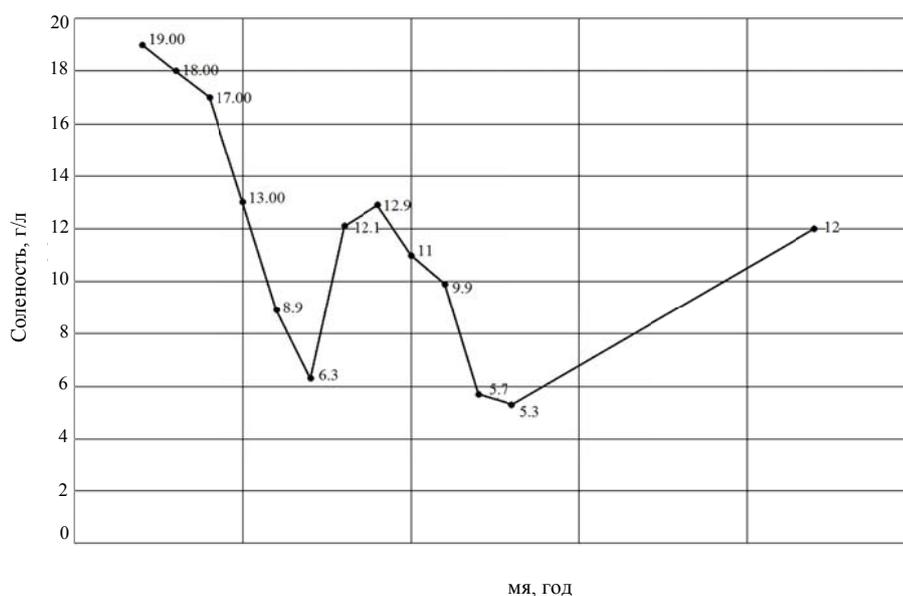


Рис. 2. Соленость Малого Аральского моря

Fig. 2. Salinity of the Small Aral Sea

Результаты

Нам доступны данные научно-исследовательских уловов за 2013, 2020 [6] и 2022 гг. Во всех уловах доминировали лещ и аральская плотва, в раз-

ные годы субдоминантами были красноперка и жерех (в 2013 г.), судак (в 2013 и 2022 гг.), сазан (в 2002 г.) (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Доли промысловых рыб Малого Арала в сетных уловах в 2013, 2020 и 2022 гг.

Portions of commercial fish of the Small Aral in net catches in 2013, 2020 and 2022

| Вид | 2013 г. | | 2020 г. | | 2022 г. | |
|-------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Количество, экз. | Доля, % | Количество, экз. | Доля, % | Количество, экз. | Доля, % |
| Лещ | 522 | 26,84* | 523 | 16,44 | 462 | 33,77 |
| Жерех | 169 | 8,69 | 28 | 0,88 | 26 | 1,9 |
| Белый амур | 32 | 1,65 | – | – | 36 | 2,63 |
| Сазан | 77 | 3,96 | 13 | 0,41 | 159 | 11,62 |
| Белый толстолобик | 30 | 1,54 | – | – | 33 | 2,41 |
| Чехонь | 56 | 2,88 | 232 | 7,29 | 27 | 1,97 |
| Плотва | 444 | 22,83 | 845 | 26,56 | 135 | 9,87 |
| Красноперка | 220 | 11,31 | 69 | 2,17 | 6 | 0,44 |
| Сом | 20 | 1,03 | – | – | 25 | 1,83 |
| Судак | 192 | 9,87 | 93 | 2,92 | 268 | 19,59 |
| Серебряный карась | – | – | – | – | 71 | 5,19 |
| Шемая | – | – | – | – | 5 | 0,37 |
| Змеёголов | 30 | 1,54 | – | – | 18 | 1,31 |
| Камбала-глосса | 104 | 5,35 | – | – | 41 | 3,0 |
| Щука | 49 | 2,52 | 69 | 2,17 | 56 | 4,1 |

* Жирным шрифтом выделены доминировавшие в уловах виды.

Syrpinus carpio Linnaeus, 1758 – сазан. На Малом Аральском море сазан входит в число важнейших промысловых рыб. В 2022 г. длина сазана из научно-исследовательских уловов была в преде-

лах 170–500 мм, в среднем составляя 345 мм, масса тела – от 117 до 3 150 г, в среднем 1 615 г. Возрастную структуру составляли поколения от 2+ до 8+, при преобладании 6-леток (рис. 3).

в пределах 250–510 мм, в среднем составляя 364 мм, масса тела – от 262 до 1 880 г, в среднем 764 г.

Возрастную структуру составляли поколения от 2+ до 7+, из которых преобладали 4-летки (рис. 5).

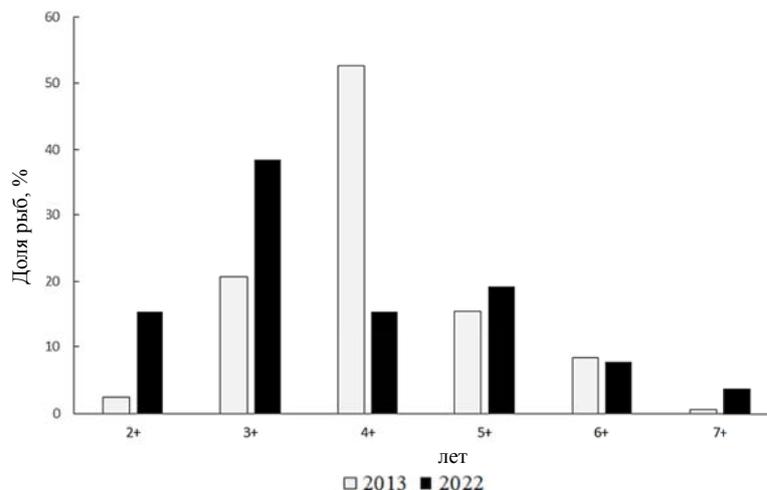


Рис. 5. Возрастной состав жереха

Fig. 5. Age composition of asp

Анализ размерно-вещового состава жереха за 2022 г. показал, что в промысловом стаде доминировали особи размером от 301 до 350 мм и массой 401–600 г. Анализ соотношения полов жереха за 2022 г. показал, что в стаде резко преобладали самки (7,67 : 1). По сравнению с 2013 г. произошло заметное смещение возрастной структуры популяции в пользу младших возрастов.

Hypophthalmichthys molitrix (Valenciennes, 1844) – **белый толстолобик**. Белый толстолобик населяет

приустьевую зону Малого Арала. К настоящему времени его численность увеличилась, и он присутствует в промысловых уловах. В 2022 г. длина белого толстолобика из научно-исследовательских уловов находилась в пределах 320–780 мм, в среднем 573 мм, масса тела – от 670 до 9 545 г, в среднем 3 960 г. Возрастную структуру составляли поколения от 1+ до 6+, из которых преобладали 4- и 5-летки (рис. 6).

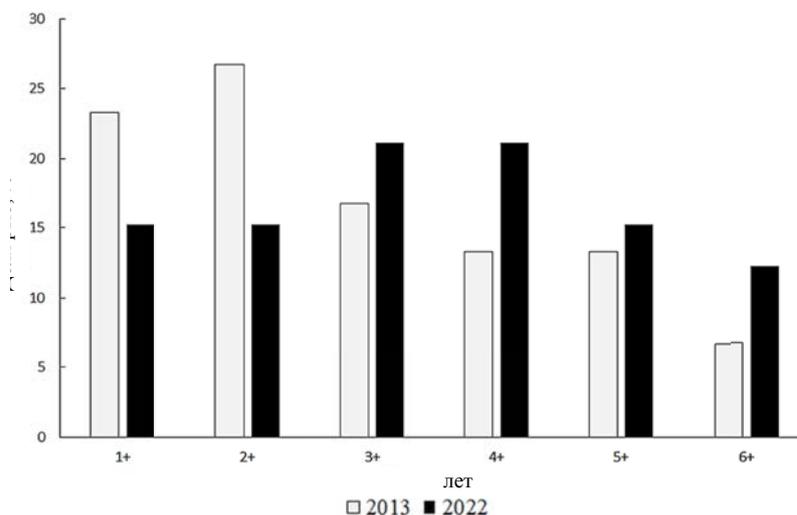


Рис. 6. Возрастной состав белого толстолобика

Fig. 6. Age composition of grass carp

За срок, прошедший с 2013 г., возрастная структура популяции заметно изменилась: ранее преобладали рыбы в возрасте 1+ и 2+. Анализ размерно-вещовой структуры белого толстолобика за 2022 г. показал, что в стаде преобладали особи

размером 601–650 мм и массой 4 001–5 000 г. Анализируя соотношение полов белого толстолобика за 2022 г., необходимо отметить, что в промысловом стаде резко преобладали самки, соотношение самцов и самок 1 : 2.

Анализ размерно-вещового состава серебряного карася за 2022 г. показал, что в популяции преобладали особи размером 226–250 мм и массой 401–450 г. Анализируя соотношение полов серебряного карася за 2022 г., необходимо отметить, что в промысловом стаде резко доминировали самки, соотношение самцов и самок 0,15 : 1.

***Pelecus cultratus (Linnaeus, 1758)* – чехонь.** В Ма-

лом Аральском море в 2022 г. чехонь из научно-исследовательских уловов имела длину в пределах 250–300 мм, в среднем 275 мм. Масса была от 135 до 330 г, в среднем 286 г. Возрастную структуру составляли поколения от 3+ до 5+, из которых преобладали 5-летки. Ранее преобладали рыбы в возрасте 5+ (рис. 9).

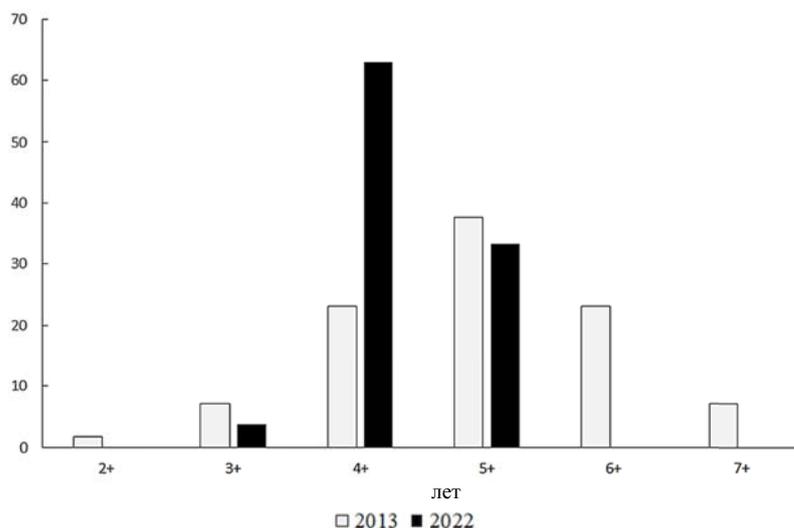


Рис. 9. Возрастной состав чехони

Fig. 9. Age composition of sabrefish

Анализируя размерно-вещовой состав чехони, необходимо отметить, что в промысловом стаде доминировали особи размером 251–300 мм и массой 251–300 г. Анализ соотношения полов чехони показал, что в 2022 г. в стаде доминировали самцы (1,7 : 1).

***Rutilus rutilus (Linnaeus, 1758)* – плотва.** К настоящему времени вернувшаяся в Малое Аральское море плотва распространилась по всему водое-

му, включая зал. Бутакова, а в районе устья Сырдарьи она стала самым многочисленным видом [5]. В 2022 г. длина плотвы из научно-исследовательских уловов находилась в пределах 110–240 мм, в среднем 171 мм. Масса плотвы была от 46 до 267 г, в среднем 138 г. Возрастную структуру плотвы составляли поколения от 2+ до 7+, из которых преобладали 4- и 5-летки (рис. 10).

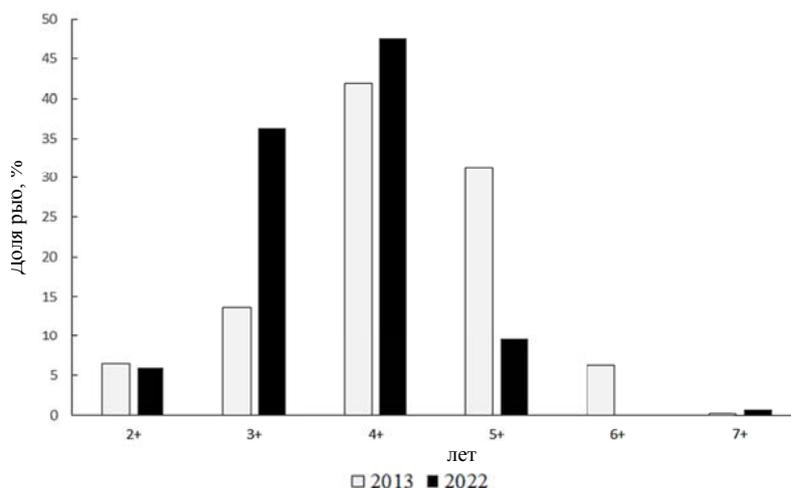


Рис. 10. Возрастной состав плотвы

Fig. 10. Age composition of roach

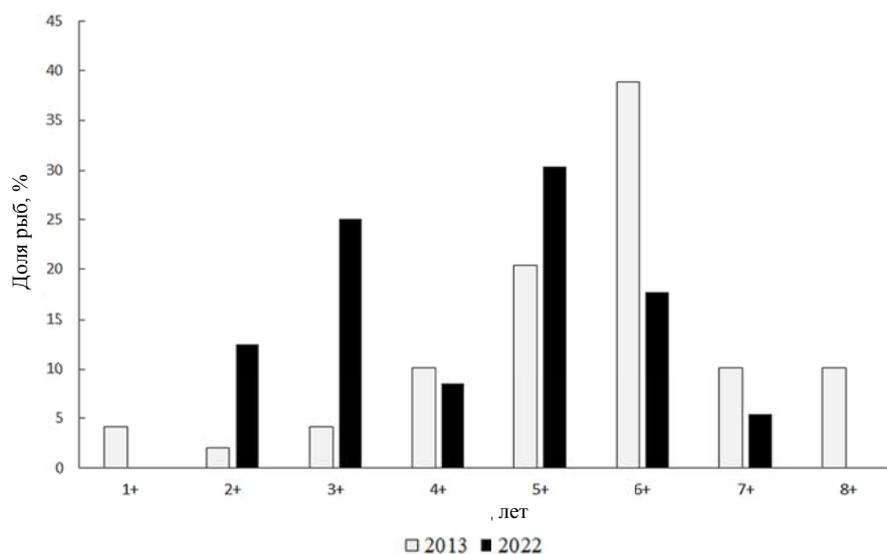


Рис. 12. Возрастной состав щуки

Fig. 12. Age composition of pike

Stizostedion lucioperca (Linnaeus, 1758) – судак. Судак в 2001–2003 гг. населял только опресненный район у устья Сырдарьи. В 2004 г. он появился на востоке и северо-востоке, а в 2005 г. расселился уже по всему Малому Аральскому морю кроме зал. Бутакова. В настоящее время судак обитает и в этом заливе [5, 10]. Длина тела судаков из научно-

исследовательских уловов 2013 г. была от 21,0 до 62 см, при средних длине и массе тела 38,5 см и 787 г соответственно. В 2013 г. судак был представлен семью возрастными группами, от 1+ до 7+, из которых преобладали 5–6-летки (66,6 %). В настоящее время доминируют особи в возрасте 3+ и 4+ (рис. 13).

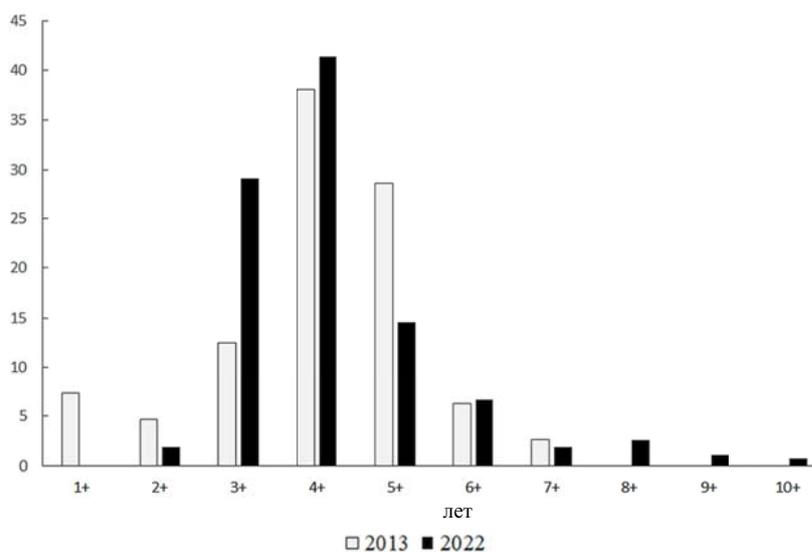


Рис. 13. Возрастной состав судака

Fig. 13. Age composition of zander

Анализ соотношения полов судака показал, что в промысловом стаде в 2022 г. незначительно преобладали самцы, соотношение полов 1,1 : 1.

Channa argus (Cantor, 1842) – змеёголов. К настоящему времени численность змеёголова в Малом Аральском море достигла промысловой

величины, но его распространение ограничено опресненным приустьевым районом. В опытных уловах длина рыб была от 30,0 до 64,0 см при среднем значении 42,7 см. К 2022 г. возрастная структура популяции змеёголова сместилась в сторону преобладания старших возрастов (рис. 14).

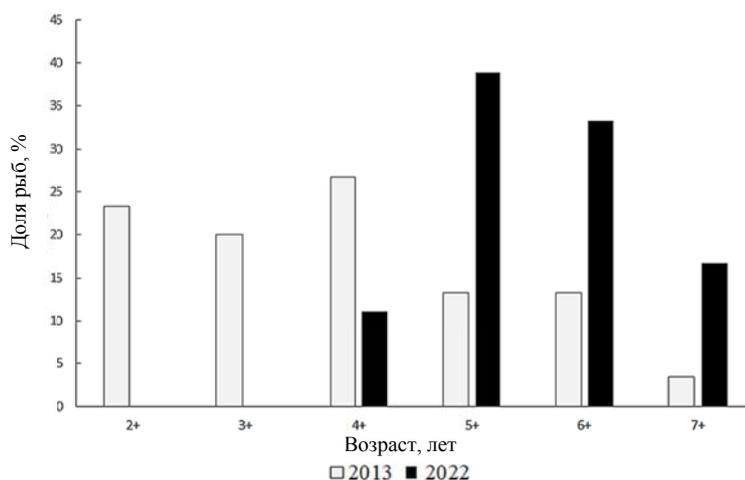


Рис. 14. Возрастной состав змеёголова

Fig. 14. Age composition of snakehead

Platichthys flesus (Linnaeus, 1758) – камбала-гlossa. Если в 2000 г. камбала нерестилась почти по всей акватории Малого Аральского моря, то в 2004–2005 гг., со снижением солёности его восточной и северо-восточной частей, нерест имел место только на западе, юго-западе и северо-востоке залива Шевченко и по всему заливу Бута-

кова [5]. В 2022 г. длина тела камбал из научно-исследовательских уловов варьировала от 170 до 300 мм и была в среднем 223 мм, масса тела составляла 80–410 г при среднем значении 180 г. Камбала-гlossa в этих уловах была представлена особями пяти возрастов, от 3+ до 7+ (рис. 15).

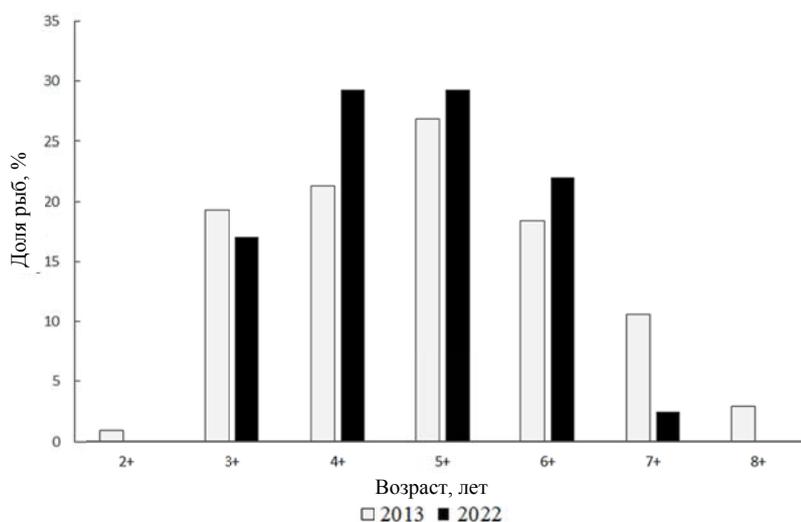


Рис. 15. Возрастной состав камбалы-гlossы

Fig. 15. Age composition of flounder

Преобладали 5- и 6-летки (в сумме 58,6 %). Камбалы в возрасте 7+ являются редкими (пойман 1 экземпляр). В 2022 г. отмечено двукратное доминирование самок над самцами. В уловах 2013 г. камбала-гlossa была представлена особями, длина тела которых колебалась в пределах 18,0–30,0 см. Средняя длина тела камбалы была 22,8 см. Таким образом, последние 10 лет состояние популяции камбалы-гlossы остается стабильным.

Обсуждение

По сравнению с 2013 г. видовой состав промысловых рыб Малого Арала почти не изменился. Исключением являются два вида: серебряный карась и шемая. В 2002–2013 гг. они в уловах не встречались, поэтому будет логичным предположить, что их вселение в водоем произошло после 2013 г. на фоне падения солёности моря.

Как уже указывалось выше, доминантами как

научно-исследовательских, так и рыболовных промысловых уловов являются лещ и плотва. Во все годы они составляют большой процент от улова (см. табл. 1). В 2002 г. научно-исследовательские уловы проводились в апреле, во время нереста многих рыб Малого Арала. Неожиданно большой процент в уловах судака, по-видимому, объясняется тем, что во время нереста судак подходит к берегам водоема, где в основном и проводились уловы, в то время как

после нереста этот вид обычно держится в глубоких частях озера.

Средние размеры большинства видов рыб за период 2013–2022 гг. практически не изменились. Можно отметить только незначительное измельчание леща и плотвы, которые являются основными объектами промысла в Малом Аральском море (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Размерные характеристики и их варьирование у промысловых рыб Малого Арала в сетных уловах в 2013 и 2022 гг.

Size characteristics and their variation in commercial fish of the Small Aral in net catches in 2013 and 2022

| Вид | Средний размер, см | |
|-------------------|--------------------|---------------|
| | 2013 г. | 2022 г. |
| Лещ | 27,9 (13–42) | 24,5 (14–34) |
| Жерех | 40,4 (30–53) | 36,4 (25–51) |
| Белый амур | 51,9 (29–70) | 50,2 (25–69) |
| Сазан | 32,0 (18–56) | 34,5 (17–50) |
| Белый толстолобик | 51,7 (30–76) | 57,3 (32–78) |
| Чехонь | 31,3 (26–36) | 27,5 (25–30) |
| Плотва | 21,0 (14–29) | 17,1 (11–24) |
| Красноперка | 21,0 (13–27) | 18,3 (18–20) |
| Сом | 80,9 (60–92) | 73,3 (40–105) |
| Судак | 38,5 (21–62) | 35,1 (19–75) |
| Серебряный карась | – | 24,4 (15–27) |
| Шемая | | 21,6 (20–24) |
| Змеёголов | 42,7 (30–64) | 54,8 (45–63) |
| Камбала-глосса | 22,8 (18–30) | 22,3 (17–30) |
| Щука | 44,2 (25–65) | 43,1 (24–65) |

Возрастной состав некоторых рыб заметно изменился. Промысловая популяция сазана, толстолобика, сома и змеёголова в 2022 г. представлена более возрастными особями, чем в 2013 г. В популяциях чехони и плотвы, наоборот, преобладают более молодые рыбы. Возрастной состав популяций остальных видов рыб не претерпел заметных изменений.

Изменение соотношения полов у рыб – тема многочисленных исследований. Причины отклонения от соотношения полов 1 : 1 могут быть различными. Это может быть из-за различной смертности самцов и самок, конкуренции самок за самцов, эндокринных нарушений в результате загрязнения среды, различной экологической роли самцов и самок, влияния абиотических факторов среды и многого другого.

У многих животных, в том числе и рыб, выбор пола регулируется как генетической программой, так и влиянием природных факторов. В настоящее время популярна гипотеза о том, что стрессовые условия влияют на уровень кортизола у рыб, который, в свою очередь, влияет на пол, отдавая предпо-

чтение маскулинизации [11]. Как показали в [11] авторы, это, по-видимому, верно в отношении воздействия температуры. Имеются свидетельства о том, что у большей части исследованных видов рыб на соотношение полов влияет температура воды, но не влияет солёность окружающей среды. Это было показано для атлантической атерины *Menidia menidia* (Linnaeus) [12], для розового барбуса *Pethia conchonius* (Hamilton) и карликового гурами *Trichopsis pumila* (Arnold) [13], для нильской тилляпии *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) [14] и для американского речного угря *Anguilla rostrata* (Lesueur), для которого существуют эмпирические [15] и экспериментально подтвержденные [16] данные, что солёность не влияет на пол. Вместе с тем имеются экспериментальные данные о том, что у пецилии парусной *Poecilia velifera* (Regan) солёность повлияла на соотношение полов: процентное соотношение самцов и самок было 32,5 и 67,5 %, 27,5 и 72,5 % при солёности 24 и 36 г/л соответственно [17].

Популяции серебряного карася в прибрежных к Балтийскому морю озерах Эстонии состоят почти из одних самок. Если самцы и встречаются, то

в очень небольшом количестве. Напротив, в водах Балтийского моря популяция этого вида имела почти одинаковое соотношение самцов и самок [18].

Известно, что осморегуляторный стресс также вызывает повышение уровня кортизола у ряда видов рыб. Многочисленными работами было показано, что кортизол является гормоном, позволяющим рыбам адаптироваться к морской воде у большого числа видов костистых рыб. Кортизол, как правило, больше всего участвует в первичной реакции на стресс, которая связана с первоначальной адаптацией к новой солености окружающей среды. Кроме того, есть сведения, что кортизол также участвует в поглощении ионов из воды [14, 19].

Важным вопросом является то, какое изменение солености для конкретного вида рыб будет являться стрессовым. Очевидно, что незначительные изменения солености среды не будут вызывать

повышенную секрецию кортизола. Однако существование в условиях, близких к границе выживаемости, должны быть стрессовыми. Современная соленость Малого Арала около 12 г/л (см. рис. 2). Эта величина близка к критической. Когда в первой половине 1970-х гг. соленость единого тогда Арала превысила 12–14 г/л, выживаемость личинок и молоди пресноводных рыб стала резко снижаться [2, 5]. Нас заинтересовал вопрос, как связаны соотношение полов и соленость водоема.

После повторного вселения рыб в Малое море в 2002–2013 гг. практически для всех рыб (кроме белоглазки) было характерно значительное отклонение соотношения полов в пользу самок (табл. 3: I – соотношение полов (самцы : самки); II – коэффициент корреляции соотношения полов с соленостью воды; χ^2 – достоверность отличия от соотношения полов 1 : 1).

Таблица 3

Table 3

Соотношение полов рыб Малого Аральского моря из научно-исследовательских уловов
Sex ratio of fish in the Small Aral Sea from research catches

| Период | Характеристика | Лещ | Жерех | Белый амур | Сазан | Белый толстолобик | Чехонь | Плотва | Красноперка |
|--------|----------------|------------|----------|------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|-------------|
| | | 2002–2013 | I | 0,81** | 0,822** | 0,567** | 0,869** | 0,592* | 0,836* |
| | χ^2 | 45,231 | 7,802 | 8,415 | 8,035 | 6,174 | 4,75 | 141,325 | 18,426 |
| | II | 0,62* | 0,29 | 0,67* | -0,12 | 0,95* | -0,03 | 0,42 | -0,75* |
| 2022 | I | 1,783*** | 0,130*** | 0,565 | 1,107 | 0,500 | 1,700 | 0,588** | 0,500 |
| | χ^2 | 36,580 | 15,385 | 2,778 | 0,405 | 3,667 | 1,815 | 9,074 | 0,667 |
| Период | Характеристика | Белоглазка | Сом | Судак | Серебряный карась | Шемая | Змеголов | Камбала-гlossa | Щука |
| | | 2002–2013 | I | 0,79 | 0,586** | 0,756** | - | - | 0,567** |
| | χ^2 | 3,249 | 7,576 | 33,155 | 8,415 | 993,262 | | | 10,051 |
| | II | -0,16 | 0,18 | 0,61* | -0,41 | -0,34 | | | -0,46 |
| 2022 | I | - | 0,471 | 1,103 | 0,145*** | 0,250 | 0,500 | 0,640 | 0,697 |
| | χ^2 | | 3,240 | 0,638 | 39,563 | 1,800 | 2,000 | 1,976 | 1,786 |

* $P < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

В 2022 г. нарушенное соотношение полов наблюдалось только у леща, жереха, плотвы и вселившегося в водоем после 2013 г. серебряного карася.

По нашему мнению, изменения солености воды также могут вызывать соответствующее изменение соотношения полов у рыб в Малом Арале. Чтобы проверить эту гипотезу, мы сосчитали коэффици-

ент корреляции солености воды моря с соотношением полов у рыб за 2002–2013 гг. (или за меньший срок, прошедший с момента вселения вида в водоем) с соотношением полов. В результате были получены достоверные положительные корреляции для леща, белого толстолобика, белого амура и судака. Для красноперки, наоборот, была по-

лучена достоверная отрицательная корреляция (см. табл. 3). Положительные корреляции вполне согласуются с гипотезой об осморегуляторном стрессе, в то время как отрицательная корреляция, полученная для красноперки, – нет.

В целом можно констатировать, что популяции промысловых рыб Малого Аральского моря мало изменились за прошедшее десятилетие. По-видимому, период их адаптации после вселения в водоем закончился.

Заключение

Предположительно, к 2013 г. повторное естественное вселение рыб в водоем практически завершилось. За последующие 10 лет в распресненной воде Малого Арала появились только 2 вида: серебряный карась и шемая. Размерно-весовые характеристики рыб также практически не измени-

лись. Можно только отметить некоторое измельчание леща и плотвы, вероятно, в результате интенсивного промысла.

Следует отметить, что возрастной состав некоторых видов заметно изменился. Изначально, сразу после вселения, у промысловых рыб резко преобладали самки. Через более чем два десятилетия адаптации популяций к новым условиям, прежде всего к новой минерализации среды, соотношение полов стало заметно выравниваться. Этот процесс еще продолжается, и на него может влиять временное увеличение солености моря в результате сброса в него недостаточного объема воды. Для обоих указанных случаев наблюдается тенденция к достаточно скорому окончанию процесса адаптации. Основной период акклиматизации рыб в Малом Аральском море, по-видимому, завершился.

Список источников

1. Аладин Н. В., Плотноков И. С., Смуров А. О., Гонтарь В. И. Роль чужеродных видов в экосистеме Аральского моря // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.–СПб.: Изд-во КМК, 2004. С. 275–296.
2. Смуров А. О., Плотноков И. С., Аладин Н. В. Рыбы современного Аральского моря // Вопр. рыболовства. 2024. Т. 25. № 2. С. 33–50.
3. Аладин Н. В. Плотины жизни или плотина длиной в жизнь. Часть первая. «Пролог» или Первая Пятилетка (1988–1992 гг.) // Астрахан. вестн. эколог. образования. 2012. № 3 (21). С. 206–216.
4. Никольский Г. В. Рыбы Аральского моря. М.: МОИП, 1940. 215 с.
5. Ермаханов З. К., Плотноков И. С., Аладин Н. В. Оценка биологического состояния популяций основных промысловых видов рыб Малого Аральского моря // Тр. Зоолог. ин-та РАН. 2013. Т. 317. № S3. С. 105–112.
6. Исбеков К. Б. Устойчивое использование рыбных ресурсов и перспективы сохранения биологического разнообразия ихтиофауны в основных рыбохозяйственных водоемах Казахстана: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2020. 41 с.
7. Berdiakhmetkyzy S., Assylbekova S. Zh., Abdybekova A. M., Barakbaev T. T. Current state of populations of the main commercial fish species of the Small Aral Sea // Experimental Biology. 2021. N. 3 (88). P. 119–129.
8. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1990. Т. 7. Аральское море. 196 с.
9. Ермаханов З. К. Современное состояние промысловой ихтиофауны Малого Аральского моря // Устойчивое развитие южного Приаралья: материалы Междунар. конф. Нукус: Илим, 2011. С. 29–30.
10. Жубанов К. У. Современное состояние популяций судака в Малом Аральском море // Изв. Национ. акад. наук Республики Казахстан. Серия аграрных наук. 2011. Т. 5. № 5. С. 51–54.
11. Goikoetxea A., Todd E., Gemmill N. Stress and sex:

Does cortisol mediate sex change in fish? // Reproduction. 2017. V. 154. N. 6. P. R149–R160.

12. Conover D. O., Heins S. W. The environmental and genetic components of sex ratio in *Menidia menidia* (Pisces: Atherinidae) // Copeia. 1987. V. 1987. N. 3. P. 732–743.

13. Ramee S. W., Lipscomb T. N., DiMaggio M. A. Evaluation of the effect of larval stocking density, salinity, and temperature on stress response and sex differentiation in the Dwarf Gourami and Rosy Barb // Aquaculture reports. 2020. V. 16. P. 100287.

14. Abucay J. S., Mair G. C., Skibinski D. O. F., Beardmore J. A. Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus* L. // Aquaculture. 1999. V. 173. N. 1–4. P. 219–234.

15. Davey A. J. H., Jellyman D. J. Sex determination in freshwater eels and management options for manipulation of sex // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2005. V. 15. P. 37–52.

16. Côté C. L., Pavey S. A., Stacey J. A., Pratt T. C., Castonguay M., Audet C., Bernatchez L. Growth, Female Size, and Sex Ratio Variability in American Eel of Different Origins in Both Controlled Conditions and the Wild: Implications for Stocking Programs // Transactions of the American Fisheries Society. 2015. V. 144. N. 2. P. 246–257.

17. Neves L. C., Cipriano F., Cipriano L., Pedro G. J., Nakayama C. L., Kennedy R., Filho K. C. M. Effects of salinity on sexual maturity and reproduction of *Poecilia velifera* // Aquaculture Research. 2019. V. 50. N. 10. P. 2932–293.

18. Vetemaa M., Eschbaum R., Albert A., Saat T. Distribution, sex ratio and growth of *Carassius gibelio* (Bloch) in coastal and inland waters of Estonia (north-eastern Baltic Sea) // Journal of Applied Ichthyology. 2005. V. 21. N. 4. P. 287–291.

19. McCormick S. D. Endocrine Control of Osmoregulation in Teleost Fish // American Zoologist. 2001. V. 41. N. 4. P. 781–794.

References

1. Aladin N. V., Plotnikov I. S., Smurov A. O., Gontar' V. I. Rol' chuzherodnykh vidov v ekosisteme Aral'skogo morya [The role of alien species in the ecosystem of the Aral Sea].

Biologicheskie invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemah. Moscow, Saint Petersburg, Izd-vo KMK, 2004. Pp. 275–296.

2. Smurov A. O., Plotnikov I. S., Aladin N. V. Ryby

современного Аральского моря [Fishes of the modern Aral Sea]. *Voprosy rybolovstva*, 2024, vol. 25, no. 2, pp. 33-50.

3. Aladin N. V. Plotina zhizni ili plotina dlinoyu v zhizn'. Chast' pervaya. «Prolog» ili Pervaya Pyatiletka (1988–1992 gg.) [The dam of life or the dam of a lifetime. Part one. “The Prologue” or the First Five-Year Plan (1988-1992)]. *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, 2012, no. 3 (21), pp. 206-216.

4. Nikol'skij G. V. *Ryby Aral'skogo morya* [Fishes of the Aral Sea]. Moscow, MOIP Publ., 1940. 215 p.

5. Ermahanov Z. K., Plotnikov I. S., Aladin N. V. Ocenka biologicheskogo sostoyaniya populyacij osnovnyh promyslovyh vidov ryb Malogo Aral'skogo morya [Assessment of the biological status of populations of the main commercial fish species of the Small Aral Sea]. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN*, 2013, vol. 317, no. S3, pp. 105-112.

6. Isbekov K. B. *Ustojchivoe ispol'zovanie rybnih resursov i perspektivy sohraneniya biologicheskogo raznoobraziya ihtiofauny v osnovnyh rybohozyajstvennyh vodoe-mah Kazakhstana. Avtoreferat dis. ... d-ra biol. nauk* [Sustainable use of fish resources and prospects for the conservation of the biological diversity of ichthyofauna in the main fisheries reservoirs of Kazakhstan. Abstract of the dissertation of the Doctor of Biology]. Novosibirsk, 2020. 41 p.

7. Berdiakhmetkyzy S., Assylbekova S. Zh., Abdybekova A. M., Barakbaev T. T. Current state of populations of the main commercial fish species of the Small Aral Sea. *Experimental Biology*, 2021, no. 3 (88), pp. 119-129.

8. *Gidrometeorologiya i gidrohimiya morej SSSR* [Hydro-meteorology and hydrochemistry of the seas of the USSR]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1990. Vol. 7. Aral'skoe more. 196 p.

9. Ermahanov Z. K. Sovremennoe sostoyanie promyslovoj ihtiofauny Malogo Aral'skogo morya [The current state of commercial ichthyofauna of the Small Aral Sea]. *Ustojchivoe razvitie yuzhnogo Priaral'ya: materialy Mezhdunarodnoj konferencii*. Nukus, Ilim, 2011. Pp. 29-30.

10. Zhubanov K. U. Sovremennoe sostoyanie populyacij sudaka v Malom Aral'skom more [Current state of walleye populations in the Small Aral Sea]. *Izvestiya Nacional'noj*

akademii nauk Respubliki Kazahstan. Seriya agrarnykh nauk, 2011, vol. 5, no. 5, pp. 51-54.

11. Goikoetxea A., Todd E., Gemmel N. Stress and sex: Does cortisol mediate sex change in fish? *Reproduction*, 2017, vol. 154, no. 6, pp. R149-R160.

12. Conover D. O., Heins S. W. The environmental and genetic components of sex ratio in *Menidia menidia* (Pisces: Atherinidae). *Copeia*, 1987, vol. 1987, no. 3, pp. 732-743.

13. Ramee S. W., Lipscomb T. N., DiMaggio M. A. Evaluation of the effect of larval stocking density, salinity, and temperature on stress response and sex differentiation in the Dwarf Gourami and Rosy Barb. *Aquaculture reports*, 2020, vol. 16, p. 100287.

14. Abucay J. S., Mair G. C., Skibinski D. O. F., Beardmore J. A. Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture*, 1999, vol. 173, no. 1-4, pp. 219-234.

15. Davey A. J. H., Jellyman D. J. Sex determination in freshwater eels and management options for manipulation of sex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2005, vol. 15, pp. 37-52.

16. Côté C. L., Pavey S. A., Stacey J. A., Pratt T. C., Castonguay M., Audet C., Bernatchez L. Growth, Female Size, and Sex Ratio Variability in American Eel of Different Origins in Both Controlled Conditions and the Wild: Implications for Stocking Programs. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2015, vol. 144, no. 2, pp. 246-257.

17. Neves L. C., Cipriano F., Cipriano L., Pedro G. J., Nakayama C. L., Kennedy R., Filho K. C. M. Effects of salinity on sexual maturity and reproduction of *Poecilia velifera*. *Aquaculture Research*, 2019, vol. 50, no. 10, pp. 2932-2937.

18. Vetemaa M., Eschbaum R., Albert A., Saat T. Distribution, sex ratio and growth of *Carassius gibelio* (Bloch) in coastal and inland waters of Estonia (north-eastern Baltic Sea). *Journal of Applied Ichthyology*, 2005, vol. 21, no. 4, pp. 287-291.

19. McCormick S. D. Endocrine Control of Osmoregulation in Teleost Fish. *American Zoologist*, 2001, vol. 41, no. 4, pp. 781-794.

Статья поступила в редакцию 03.09.2024; одобрена после рецензирования 11.02.2025; принята к публикации 05.03.2025
The article was submitted 03.09.2024; approved after reviewing 11.02.2025; accepted for publication 05.03.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Алексей Олегович Смуров – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник группы солоноватоводной гидробиологии; Зоологический институт Российской академии наук; alexey.smurov@zin.ru

Зауалхан Ермаханов – магистр естественных наук; директор; Аральский филиал ТОО «Научно-исследовательский институт экологии и биоресурсов Арало-Сырдарьинского бассейна»; janarik0778@mail.ru

Игорь Светозарович Плотников – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник группы солоноватоводной гидробиологии; Зоологический институт Российской академии наук; igor.plotnikov@zin.ru

Alexey O. Smurov – Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher of the Group of brackish water hydrobiology; Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences; alexey.smurov@zin.ru

Zaualkhan Ermakhanov – Master of Natural Sciences; Director; Aral Branch of “Research Institute of Ecology and Bioresources of the Aral-Syrdarya Basin”, LLP; janarik0778@mail.ru

Igor S. Plotnikov – Doctor of Biological Sciences; Leading Researcher of the Group of brackish water hydrobiology; Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences; igor.plotnikov@zin.ru

Николай Васильевич Аладин – доктор биологических наук, профессор; главный научный сотрудник группы солоноватоводной гидробиологии; Зоологический институт Российской академии наук; nikolai.aladin@zin.ru

Nikolai V. Aladin – Doctor of Biological Sciences, Professor; Head Researcher of the Group of brackish water hydrobiology; Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences; nikolai.aladin@zin.ru

Жанар Зауалхановна Ермаханова – магистр естественных наук; младший научный сотрудник; Аральский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»; janarik0778@mail.ru

Zhanar Z. Ermakhanova – Master of Natural Sciences; Junior Researcher; Aral Branch of “Research and Production Center for Fisheries”, LLP; janarik0778@mail.ru

