



## Эффективность гидроакустического рыбозащитного устройства, установленного у Кокаральской плотины Малого Аральского моря

С. Е. Шарахметов<sup>1\*</sup>, Т. Р. Баракбаев<sup>2</sup>, Т. О. Адаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>КазНУ имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы 050040, пр. аль-Фараби, 71

<sup>2</sup>ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», Аральский филиал, Кызылорда 120014, ул. Желтоксан, 46

\*для корреспонденции: [sharakhmetov@gmail.com](mailto:sharakhmetov@gmail.com)

MPHTI 34.33.33

doi: 10.29258/CAJWR/2021-R1.v7-1/102-127.rus

Подана в редакцию: 22 ноября 2020; Подана после редактирования: 1 апреля 2021; Принятие к публикации: 7 апреля 2021; Доступ онлайн: 17 мая 2021.

### Аннотация

Целью данной статьи является исследование эффективности работы гидроакустического рыбозащитного устройства (РЗУ), экспериментально установленного у Кокаральской плотины Малого Аральского моря. В период с 27 августа по 5 сентября 2020 г. для определения эффективности произведен экспериментальный и контрольный отлов рыб с использованием ставных рыболовных сетей с ячейками от 30 до 60 мм. Эффективность гидроакустического РЗУ оценивалась по результатам попадания рыб и численности по видам на установленных сетях при выключенном и включенном состоянии РЗУ. Наблюдение за поведением и распределением рыб выполнялось с использованием эхолота. По численному соотношению разница вылова составила: при выключенном состоянии РЗУ – 173 экз., при включенном РЗУ – 94 экз., по биомассе это соотношение показало 37,5 кг и 27,6 кг соответственно. При выключенном РЗУ состав ихтиофауны был представлен 12 видами рыб: сазан, карась, плотва, язь, лец, красноперка, чехонь, змеёголов, судак, окунь, щука и жерех. При включенном РЗУ такие виды, как плотва и язь, отсутствовали в сетном улове. Количество красноперки существенно сократилось. В обоих уловах численность сазана и карася была схожей; лец и чехонь попадались единично. Численность хищной рыбы в уловах (щука, окунь, змеёголов и судак) выросла. Жерех в сетных уловах не встречался, однако он является основным объектом любительского рыболовства на крючковые снасти. На основании улова на усилие можно сделать вывод, что эффективность работы данного РЗУ для мелкой мирной рыбы, такой как язь, плотва и красноперка составляет 95 %, на крупную мирную рыбу (сазана и карася) воздействие не обнаружено, а в отношении хищной рыбы результат оказался отрицательным.

**Ключевые слова:** Кокаральская плотина, Малое Аральское море, рыбозащитное устройство, гидроакустика, ихтиофауна

## 1. Введение

Интенсивная водохозяйственная деятельность в бассейнах рек Сырдарья и Амударья в течение последних сорока лет поставила под угрозу существование Аральского моря.

В конце 1980-х гг. из-за обмеления Аральского моря его северная часть отделилась от южной. Между ними образовался соединяющий канал, по которому вода текла из Малого в Большой Арал. В связи с этим его фауна в результате повышения солености и вселения новых видов водных беспозвоночных и рыб претерпела значительные изменения (Aladin et al., 1998; Аладин, Плотников, 2008). В целях улучшения экологической ситуации и рыболовства местными властями была построена земляная плотина в проливе Берга, чтобы удерживать отток воды из Малого Аральского моря. Однако в течение нескольких лет это сооружение часто подвергалось разрушениям, и для его ремонта требовалась рабочая сила. Весной 1999 г., когда уровень воды в Малом Арале поднялся выше 43 м, плотина была прорвана сильным штормом и полностью разрушена (Миклин и др., 2016).

По инициативе зарубежных и отечественных групп исследователей и научных экспертов в период 1999–2005 гг. в рамках проекта «Регулирование русла Сырдарьи и сохранение северной части Аральского моря» (РРССАМ) правительством Республики Казахстан были построены Кокаральская плотина и ряд комплексных гидротехнических сооружений. Общая сумма таких комплексных и ремонтно-восстановительных работ составила 85,79 млн долл. США, из которых 64,5 млн долл. были выделены Всемирным банком, а остальные из республиканского бюджета (Андреев, 1999; Новикова, 2019; Сиханова и др., 2014). Длина плотины составила 13 034 м, ширина – до 100–150 м. Высота гребня плотины – 6 м (45,5 м абс). Благодаря реализации проекта восстановлен Малый Арал, уровень воды держится на стабильной отметке в 42 м, снизилась соленость воды и частично восстанавливается флора и фауна (Koshkarov et al., 2017; Nurgizarinov et al., 2014). Принятые меры позволили улучшить экологическую ситуацию в регионе и дать толчок для развития рыбной отрасли. Однако установленное ранее рыбозащитное устройство в виде мелкоячеяного сетного полотна в настоящее время пришло в негодность. Отсутствие в течение долгого времени на Кокаральской плотине специального рыбозащитного устройства привело к массовым скоплениям рыб и их молоди у плотины. Это связано с тем, что промысловые виды рыб Малого Аральского моря в основном нерестятся в р. Сырдарья, и соответственно вся рыба и скатывающаяся молодь оказываются в зоне влияния сносящего течения через водосбросы плотины. В результате все рыбы, проходящие через шлюз, погибали из-за чрезмерной солености акватории Южного Арала.

В данное время в водоеме насчитывается более 20 видов рыб, многие из которых являются промысловыми (Нургизаринов и др., 2016). По данным Научно-производственного центра рыбного хозяйства, ущерб рыбным запасам от сброса воды

без РЗУ на Кокаральской плотине по взрослым рыбам составил более 53 млн экземпляров, или 4 тыс. тонн, по молоди рыб – 30 млн экз., или около 1 тыс. тонн ежегодно. В законе РК «Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира», в Правилах рыболовства, согласно Приказу МСХ РК от 24 июля 2015 года № 190 (О введении ограничений ..., 2015), указано, что в целях предотвращения массовой гибели рыб в Арало-Сырдаринском бассейне допускается рыболовство в нижнем бьефе Кокаральской плотины и в протоке, соединяющей Малое Аральское море с Большим Аральским морем.

Для решения проблемы массового скопления рыб у Кокаральской плотины казахстанскими учеными был предложен проект по установке гидроакустического рыбозащитного сооружения (Исбеков и др., 2013), который был одобрен и экспериментально установлен в мае 2020 г. Данная рыбозащитная установка основана на гидроакустическом методе отпугивания рыб, что не дает им возможности для дальнейшей адаптации. Не доходя до плотины 150–200 м, вся рыба будет возвращаться обратно в Северное Аральское море. Это позволяет уменьшить ущерб запасам промысловых рыб данного региона.

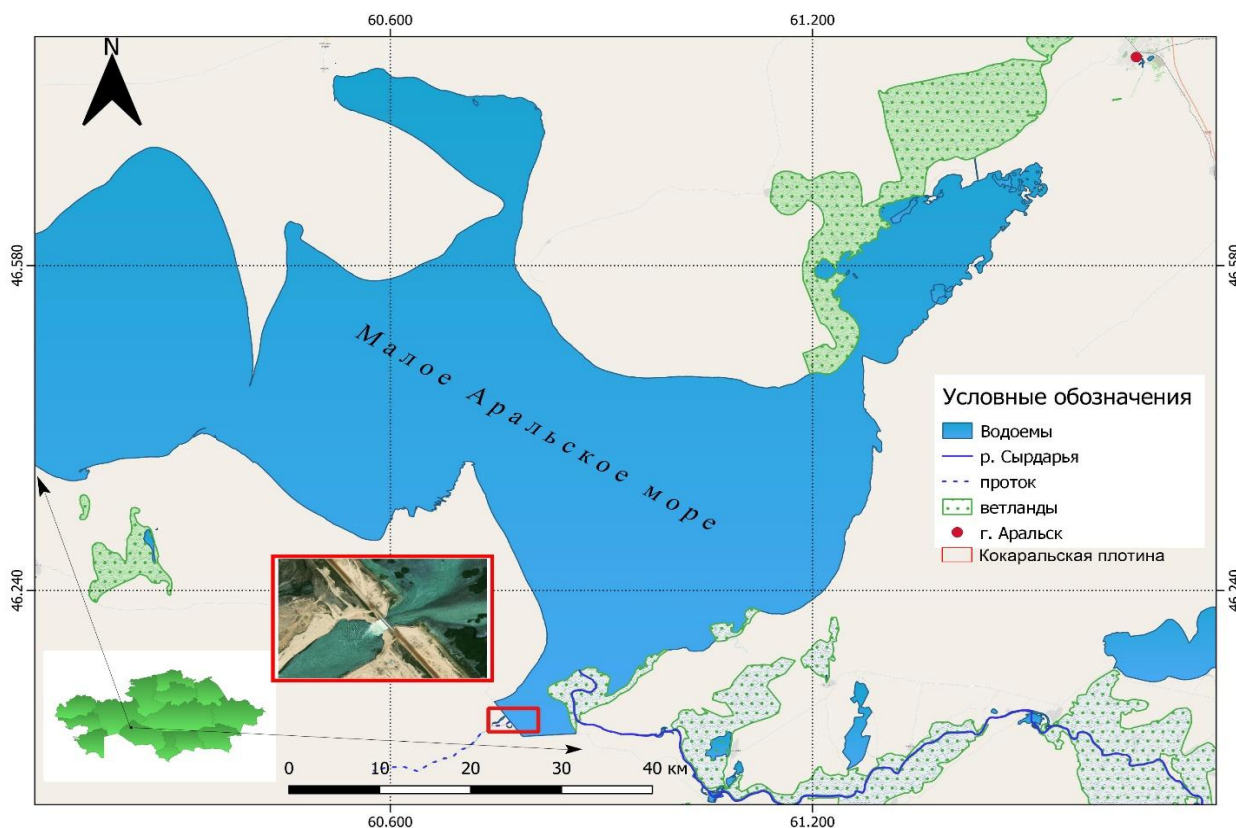
Согласно СНиП 2.06.07-87 по рыбозащитным сооружениям, эффективность РЗУ должна быть не менее 70 % для рыб промысловых видов размером более 12 мм (СНиП, 1989). Однако специальное оборудование не всегда защищает мальков и других водных обитателей, так как установка и правильная эксплуатация рыбозащитных устройств являются довольно дорогостоящими мероприятиями. Таким образом, в настоящее время теоретические разработки новых типов РЗУ и их экспериментальное внедрение на крупных водозаборах нашей страны представляются актуальными.

Целью данной статьи является исследование эффективности работы гидроакустического рыбозащитного устройства, экспериментально установленного у Кокаральской плотины.

## 1. Место исследования

Место исследования находится в юго-западной части Малого Арала, где построена Кокаральская плотина (рис. 1). На плотине имеется водопропускное сооружение с девятью водосбросами, откуда сброс воды попадает в Южный Арал. В предутьях плотины установлено 15 единиц понтонных сооружений для установки гидроакустической РЗУ с якорными креплениями.

На водоподводящем канале в месте установки РЗУ глубины привязаны к колебаниям уровня воды и в среднем составляют 1,5 м у берега и 4,2–4,4 м в середине. Скорость течения воды в русле водоподводящего канала, на отдалении 80 м от водосброса, составляет в среднем 0,15–0,20 м/с. Однако скорость течения может ослабевать или, наоборот, несколько усиливаться при уменьшении или увеличении пропуска воды через водосброс плотины. Ширина водоподводящего канала в месте установки РЗУ – 125 м. На рис. 1 представлена карта-схема района исследования.

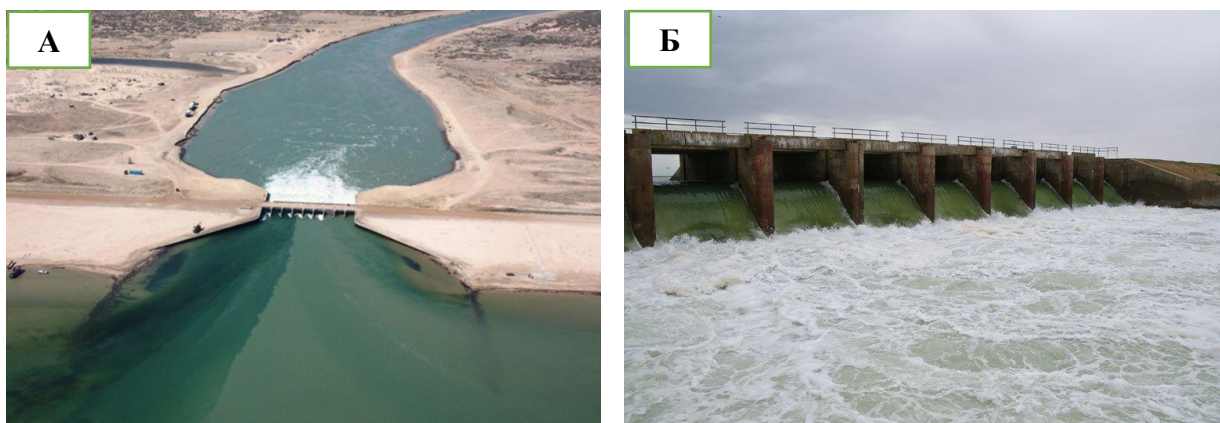


**Рис. 1.** Место расположения Кокаральской плотины

Гидрологический режим Малого Аральского моря обусловлен водным режимом основного источника питания р. Сырдарья, который регулируется вышележащими водными системами и их попусками, сток которых связан колебанием в межсезонный период. В результате больших зимних попусков по реке до середины апреля уровень достигает наивысшей отметки 42,5 м БС. Начиная с апреля, приток воды в море частично сокращается, что связано с забором воды на нужды орошения в сельскохозяйственных целях.

По данным «Казгидромета», в 2018 г. наиболее высокий уровень воды Аральского (Малого) моря достиг отметки 42,22 м БС с апреля по май, и площадь акватории достигла значения 3 332 км<sup>2</sup>. В настоящее время в сезонных колебаниях уровня моря почти постоянно наблюдается летний максимум и зимний минимум.

Общий вид плотины со стороны верхнего и нижнего бьефа представлен на рис. 2, который наглядно отражает характер объема и движения водного потока, направляемого боковыми откосами в водопропускное сооружение плотины.



**Рис. 2.** Общий вид Кокаральской плотины со стороны (А) верхнего и (Б) нижнего бьефа (Источник: *Mario.net. Аральский район, n.d.*)

### 1.1. Обзор проблематики

Во всем мире экосистемы различных водоемов и водно-болотных угодий сталкиваются с многочисленными антропогенными стрессорами (Tesch & Thevs, 2020). Вследствие этого богатые биологические ресурсы в этих экосистемах резко сокращаются (Dudgeon et al., 2006). Известно, что в результате интенсивного промысла многочисленные популяции рыб резко сократились, вместо крупного и ценного промыслового вида пришли мелкие рыбы (Roberts & Hawkins, 1999). Как показывает динамика, в популяции промысловых видов рыб с каждым годом размерно-весовая структура уменьшается, и, соответственно, в ценозе встречаются молодые особи, которые еще не являются половозрелыми. Нынешние темпы сокращения численности ценных промысловых рыб исключительно высоки, поэтому сохранению популяций промысловых рыб уделяется все большее внимание (McCusker et al., 2017).

Некоторые исследователи предполагают, что уже через 20 лет из-за строительства плотин гидроэлектростанций количество крупных рек на земле сократится на 20 % (Zarfl et al., 2015). В результате строительства гидротехнических сооружений для специального назначения, загрязнения, промысла водных животных и биологических инвазий речные экосистемы подвергаются к негативному антропогенному воздействию (Magurran, 2009). Утрата видового разнообразия и изменение или исчезновение биотопов в континентальных водоемах происходит намного быстрее, чем в наземных или океанических системах (Harrison et al., 2018; Strayer & Dudgeon, 2010). Центральная Азия по-прежнему отстает от развитых стран в области изучения, оценки состояния и сохранения биоразнообразия (Darwall & Freyhof, 2015; Meyer et al., 2015; Pelayo-Villamil et al., 2018).

В докладе ФАО по рыболовству и аквакультуре № 1045 (апрель 2013 г.), посвященном развитию рыбного хозяйства и аквакультуры в странах Центральной Азии и на Кавказе, разработка рыбоходов и рыбозащитных устройств была признана одним из приоритетных направлений деятельности. В рекомендациях ФАО по

ответственному ведению рыбного хозяйства подчеркивается обязательность компенсаций неблагоприятных воздействий на рыбохозяйственные водоемы путем установки в новых объектах водозабора (водосброса) эффективных РЗУ, рыбоходов и т. п. и проверки эффективности действующих РЗУ (Кодекс ведения ответственного рыболовства, 2011).

Впервые проблемой защиты рыб от попадания в водозаборы заинтересовались в США, где в 1920-х гг. на ирригационных водозаборах начали устанавливать сетчатые, а позднее жалюзийные рыбозащитные устройства. Однако полностью решить проблему защиты рыб не удалось даже при условии, что в западных странах защите подлежат практически только лососевые виды рыб.

Методология рыбозащиты предполагает следование определенным принципам. Впервые они были сформулированы Нусенбаумом (1967), а затем Павловым и Пахоруковым в монографии «Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборы» (1973). Дальнейшие (с начала 1980-х гг.) исследования по изучению способов защиты молоди рыб, основанные на использовании ее переконцентрации в потоке с естественно или искусственно сформированной гидравлической структурой, позволили разработать СНиП 2.06.07-87 «Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения» (1989), которые действуют в нашей стране и по настоящее время.

Сложные гидрологические (большие объемы пропуска воды – от 395 до 753 м<sup>3</sup>/с) и метеорологические (разрушающее воздействие ледового покрова зимой и движущихся льдин весной) условия на верхнем бьефе Кокаральской плотины делают неэффективным применение стандартных рыбозащитных устройств, таких как РЗУ механического типа, механизированно-гидравлическое устройство, рыбозащита физиологического типа в виде воздушно-пузырьковых завес и в виде электрического поля; кроме того, химические и оптические средства рыбозащиты и метод глубинного водозабора также малопригодны для Кокаральской плотины.

Во избежание воздействия ледового покрова и движения льдин, препятствующих потоку воды, и для решения проблемы массового скопления рыб у Кокаральской плотины казахстанскими учеными на основе патента «Глубинный гидроакустический комплекс для отпугивания рыб и молоди от гидротехнических сооружений» № 27636 (Исбеков и др., 2013) был предложен проект, который был одобрен и экспериментально установлен в мае 2020 г. в рамках совместного проекта «Обеспечение безопасности, сохранение и развитие рыбных запасов Северного Приаралья».

### *1.2. Принцип работы гидроакустического РЗУ у Кокаральской плотины*

Удаленность линии РЗУ от водосброса составляет 80 м, ширина русла в месте установки – 125 м. Несколько выгнутая вперед линия РЗУ состоит из 12 гидроакустических модулей с отдельными плавучими опорами. Линия гидроакустических модулей, представляющая собой рыбозащитный контур, проходит от берега до берега водоподводящего канала. Плавучие опоры имеют отдельные якоря



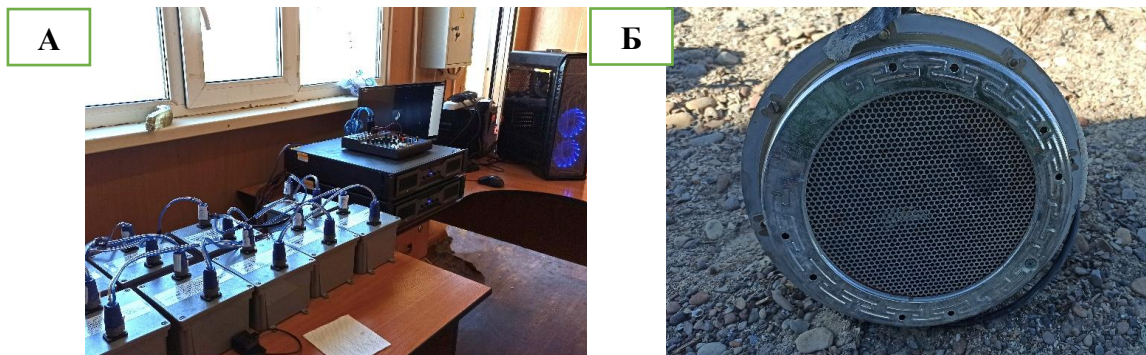
для фиксации. Также опоры связаны между собой тросами в цепочку, а по краям линия РЗУ привязана к берегам береговыми швартовами (рис. 3).

Принцип работы гидроакустического устройства основан на отпугивающем воздействии на рыб усиленно и непрерывно трансформирующегося по силе и тональности звукового поля с повышенной плотностью энергии звуковой волны, что не дает рыбам возможность для адаптации.



**Рис. 3.** Плавающие опоры около Кокаральской плотины для крепления подводных динамиков, 30.08.20 г.

От блока управления на берегу, оснащенного широкополосным стереопроигрывателем (рис. 4А), записанный в цифровом формате звуковой поток силой не менее 120 фон и плотностью энергии не менее  $2 \text{ Вт/см}^3$  передается по кабелю подводным динамикам, которые излучают звук в воду в направлении от себя вверх (рис. 4Б). В работе РЗУ использованы подводные гидроакустические системы производства США.



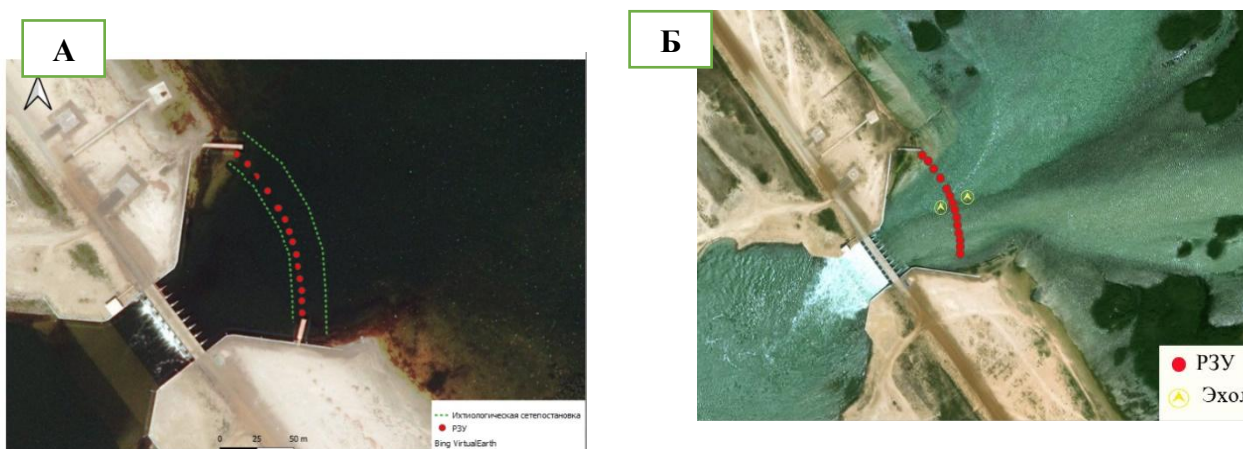
**Рис. 4.** Общий вид: (А) блок управления и (Б) подводный динамик РЗУ, установленный у Кокаральской плотины, 30.08.20 г.

Широкие возможности современной цифровой аудиозаписи позволяют создавать различные варианты акустического сигнала, что не позволяет рыбам адаптироваться к звуковому полю. Также интенсивные звуковые волны, с повышенной плотностью энергии, воздействуют на мягкие ткани и плавательный пузырь рыб. Эффективная дальность действия отпугивающего звукового поля составляет 6 м.

## 2. Методы исследования

Сбор, обработка и представление материалов проводились в соответствии с «Правилами подготовки биологического обоснования на пользование животным миром», утвержденными приказом Министра окружающей среды и водных ресурсов РК 04.04.2014 г. № 104-Ө (Об утверждении Правил подготовки ..., 2014).

В период с 27 августа по 5 сентября 2020 г. на верхнем бьефе Кокаральской плотины ( $46^{\circ} 6.151'N$ ,  $60^{\circ} 46.183'E$ ), где была установлена гидроакустическая РЗУ при выключенном (в течение 2 дней подряд) и включенном (также в течение 2 дней) состоянии, произведены экспериментальные и контрольные обловы рыб ставными рыболовными сетями с ячеями 30, 40, 50 и 60 мм (рис. 5А). Сети располагали около шлюза и выше плавучего понтона. Дополнительно осуществлялся опрос рыболовов-любителей, использующих крючковые снасти, и анализ их улова.



**Рис. 5.** Место исследования эффективности РЗУ у Кокаральской плотины: А – схема сетепостановки; Б – схема установки эхолотов

Сравнение осуществлялось в ловистости сети без и с РЗУ. Наблюдения за поведением и распределением рыб в зоне установки РЗУ выполнялись с использованием эхолота Humminbird Helix 7 (рис. 5Б). Для того чтобы эхолот отдельно фиксировал перемещение рыб под водой, был подключен параметр Fish ID. Глубина замерялась эхолотом, ширина и длина – с помощью спутникового навигатора.

Общий биологический анализ рыб был проведен в полевых условиях по общепринятым методикам (Правдин, 1966), были оценены численность, биомасса, пол



и видовой состав с учетом размерно-весового и возрастного состава (Калайда, Говоркова, 2013). Возраст и линейный рост рыб определялись по чешуе (Мина, 1976).

Оценка эффективности РЗУ осуществлялась в соответствии с Приказом Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 31 мая 2019 г. № 221 «Об утверждении требований к рыбозащитным устройствам водозаборных сооружений» (Об утверждении требований ..., 2019) по результатам попадания рыб и численности по видам на установленном порядке сетей при выключенном и включенном состоянии РЗУ.

Для статистической обработки материалов и других расчетов использовались программы электронных таблиц MS Excel.

### 3. Результаты

Методом пассивного (сетка) и активного (удочка) улова на данном участке зарегистрировано 267 экземпляров рыб, принадлежащих к 12 видам (таблица 1).

**Таблица 1.** Список видов рыб, обнаруженных на верхнем бьефе плотины (с 27 августа по 5 сентября 2020 г.)

№	Русское название	Латинское название	Улов (сеть, мм; или удочка)	Общее, шт.
1	Сазан	<i>Cyprinus carpio</i>	30, 40, 50, 60	7
2	Лещ	<i>Abramis brama</i>	60	1
3	Карась	<i>Carassius gibelio</i>	30, 40, 50, 60	20
4	Язь	<i>Leuciscus idus</i>	40, 50	11
5	Плотва	<i>Rutilus rutilus</i>	30, 40, 50	25
6	Красноперка	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	30, 40, 60	71
7	Чехонь	<i>Pelecus cultratus</i>	30	2
8	Жерех	<i>Aspius aspius</i>	удочка	-
9	Окунь	<i>Perca fluviatilis</i>	30, 60	64
10	Судак	<i>Sander lucioperca</i>	30, 40	9
11	Змеёголов	<i>Channa argus</i>	30, 40, 60	6
12	Щука	<i>Esox lucius</i>	30, 40, 50, 60	51
Итого, шт.				267

На верхнем бьефе Кокаральской плотины наблюдается массовое скопление рыб, особенно промысловых видов. По данным опроса, у некоторых местных рыбаков в весеннем и летнем периоде за одно перетягивание невода улов рыб в среднем колебался в объеме 20–40 т. Однако отсутствуют данные, зафиксированные в учетах местных рыбных инспекторов и в отчетах научных организаций, поскольку верхний бьеф плотины круглогодично является зоной, запретной для рыболовства.

Если учитывать число рыб, плавающих на нижнем бьефе плотины, можно утверждать, что по водопропускным шлюзам рыбы проходят в огромном количестве. Отсутствие рыбхода усугубляет процесс, это означает, что вся рыба, которая прошла через шлюз, обратно пройти уже не сможет.

В летнее время уровень р. Сырдарья значительно упал из-за ирригации на верхнем участке. В связи с этим из 9 водопропускных шлюзов был открыт только один, для того чтобы держать уровень воды в указанных отметках и обеспечить кислородом рыб, которые водятся в нижнем течении плотины.

В зоне проведения исследований скопления рыб отмечались на верхнем и на нижнем бьефе плотины. Эхолотом фиксировалось передвижение всей ихтиомассы вне зависимости от размера и массы рыб. Жерехи попадались только на удочку. Все рыбы, встречавшиеся в зоне исследования, имеют промысловое значение.

28 августа 2020 г. в выключенном состоянии РЗУ на сетных уловах было выловлено 9 видов рыб, в общем количестве 77 экземпляров и весом соотношении 17,01 кг. По численности доминировали окунь, плотва и щука, составившие 37,6 %, 20,78 % и 11,69 % соответственно. Возрастной состав выловленных рыб представлен особями в возрасте от 3+ до 6+ лет. В улов на усилие почти 80 % рыб попадалось в сеть с 30-миллиметровыми ячейками (таблица 2).

**Таблица 2.** Улов на усилие 28 августа 2020 г. на верхнем бьефе Кокаральской плотины без РЗУ

Виды рыб	Размер ячеек, мм				Общее, шт.
	30	40	50	60	
Сазан	-	-	-	2	2
Карась	-	-	-	4	4
Плотва	14	2	-	-	16
Язь	-	2	4	-	6
Красноперка	8	-	-	-	8
Щука	9	-	-	-	9
Окунь	29	-	-	-	29
Змеёголов	-	-	-	1	1
Судак	-	2	-	-	2
Итого, шт.	60	6	4	7	77

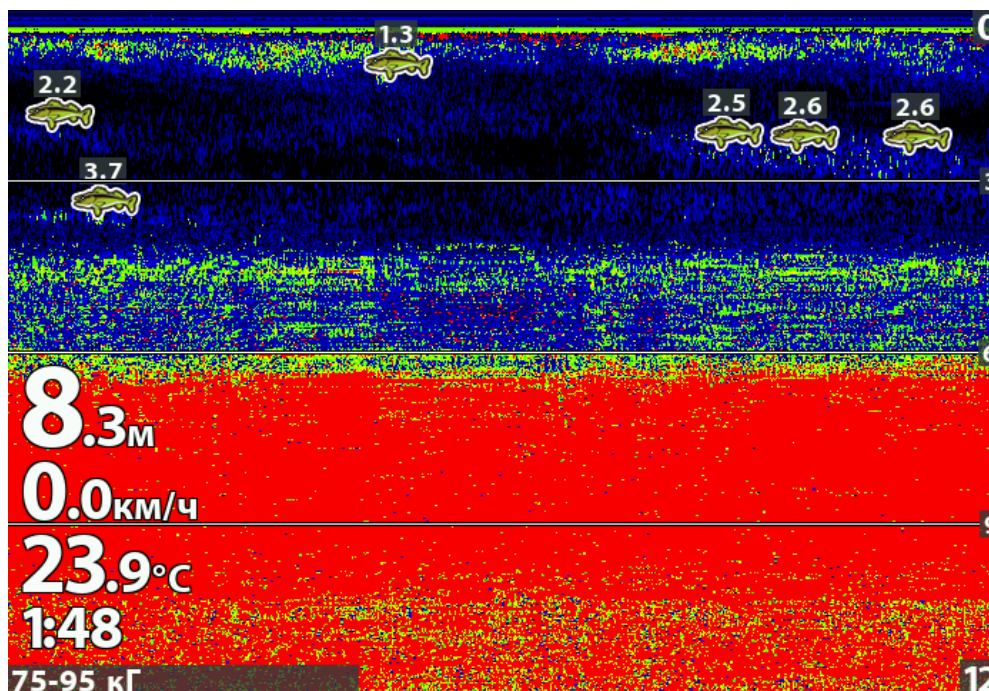
29 августа 2020 г. на контрольной сетепостановке (без РЗУ) на данном участке выловлено 8 видов рыб. Количество выловленных рыб составило 96 экз., а общий вес 20,49 кг. По численности и биомассе доминировала красноперка, что в процентном соотношении составило 61,5 % и 38,9 % соответственно. Плотва и щука составили группу субдоминантов. В уловах рыбаков-любителей в зоне проведения работ также зарегистрирован жерех. Все особи, подвергнутые биологическому анализу, были

половозрелыми, и состояние их гонад соответствовало III стадии зрелости. Возрастной состав выловленных рыб колебался от 2+ до 8+ лет. При анализе сетного улова, было выявлено, что по численности основной улов приходился на сеть с ячейми 30 мм, а по биомассе – на 60 мм (таблица 3).

**Таблица 3.** Улов на усилии 29 августа 2020 г. на верхнем бьефе Кокаральской плотины без РЗУ

Виды рыб	Размер ячей, мм				Общее, шт.
	30	40	50	60	
Сазан	-	1	-	1	2
Карась	-	2	-	4	6
Плотва	-	-	9	-	9
Язь	-	5	-	-	5
Красноперка	56	2	-	1	59
Щука	-	-	-	9	9
Окунь	-	-	-	5	5
Судак	-	1	-	-	1
Итого, шт.	56	11	9	20	96

Также был исследован участок с применением эхолота при выключенном состоянии гидроакустического РЗУ. Результаты этого исследования показали, что в данном участке совершается перемещение, и рыбы в основном плавали на глубине 1,2–4 м (рис. 6). Кроме того, в интервале 10-минутного наблюдения движение рыб происходило непрерывно.



**Рис. 6.** Наблюдение за движением рыб с применением эхолота на верхнем бьефе у Кокаральской плотины в режиме реального времени (без РЗУ)

2 сентября 2020 г. при включенном состоянии гидроакустического РЗУ в зоне действия у Кокаральской плотины обозначились существенные изменения в частоте попадаемости рыб в орудия лова. В сетных уловах заметно сократилась численность и биомасса рыб, то есть в целом было выловлено 50 экз. при массе 13,74 кг. Плотва и язь в уловах не обнаружены. Чехонь попадалась единично. Количество выловленных карасей, сазанов, змееголовов и судаков составляло от 2 до 4 особей. По численности и по биомассе доминировали щука и окунь, их доля составляла в целом больше 70 % от общего улова (таблица 4).

**Таблица 4.** Улов на усилии 2 сентября 2020 г. на верхнем бьефе Кокаральской плотины с РЗУ

Виды рыб	Размер ячей, мм				Общее, шт.
	30	40	50	60	
Сазан	1	-	1	-	2
Карась	1	-	1	1	3
Красноперка	4	-	-	-	4
Щука	12	4	3	1	20
Окунь	16	-	-	-	16
Змееголов	2	-	-	-	2
Судак	-	2	-	-	2

Продолжение таблицы 4

Виды рыб	Размер ячей, мм				Общее, шт.
	30	40	50	60	
Чехонь	1	-	-	-	1
Итого, шт.	37	6	5	2	50

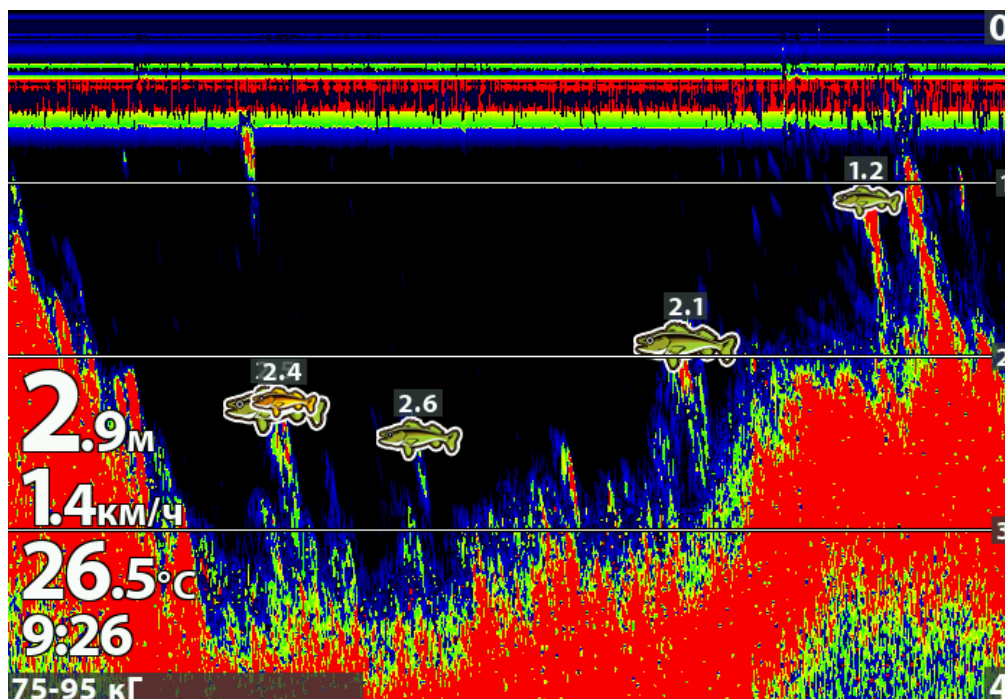
В контрольных уловах 3 сентября 2020 г. у Кокаральской плотины с применением непрерывной работы гидроакустического РЗУ был установлен порядок сетей до и после него. Результат улова показал, что количество видов рыб и их численность сократились. Ближе за гидроакустическим динамиком, где были вставлены мелкоячейные размерные сети (30 и 40 мм), в основном попадались сазан, щука, окунь, змееголов и судак. Перед динамиком только на сеть 50 мм попало 7 экз. карасей и 1 экз. леща. В контрольных уловах плотва, язь и красноперка не обнаружены. Комплекс доминантов составили щука и окунь (61,4 % от общей численности), карась и судак вошли в группу субдоминантов (27,3 %).

**Таблица 5.** Улов на усилии 3 сентября 2020 г. на верхнем бьефе Кокаральской плотины с РЗУ

Виды рыб	Размер ячей, мм			Общее, шт
	30	40	50	
Сазан	-	1	-	1
Карась	-	-	7	7
Лещ	-	-	1	1
Щука	13	-	-	13
Окунь	14	-	-	14
Змееголов	-	3	-	3
Судак	5	-	-	5
Итого, шт.	32	4	8	44

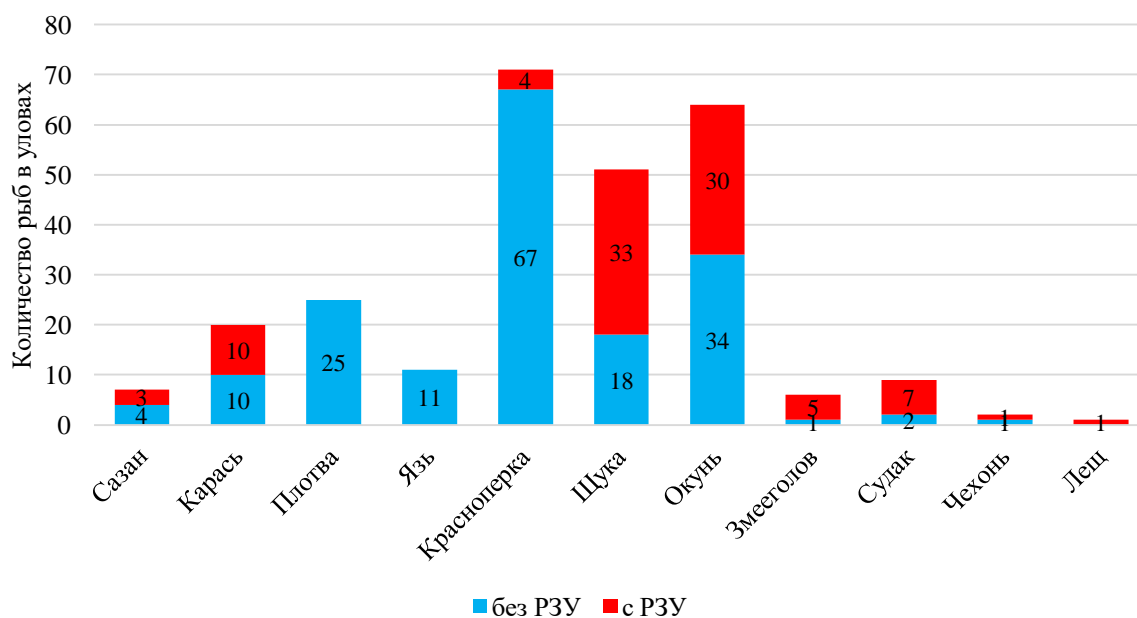
По результатам съемки с помощью эхолота при включении гидроакустической РЗУ также фиксировалось распределение рыбы в районе исследований до глубины 3–4 м (рис. 7). Однако пространственное распределение рыб в утренние и вечерние часы было неравномерным, то есть рыбы редко появляются на мониторе эхолота при работе РЗУ.





**Рис. 7.** Наблюдение за движением рыб с применением эхолота на верхнем бьефе у Кокаральской плотины в режиме реального времени (с РЗУ)

На основании проведенных ихтиологических исследований с гидроакустической РЗУ у Кокаральской плотины при выключенном и включенном состоянии наблюдались следующие результаты (рис. 8).



**Рис. 8.** Количество рыб на сетных уловах при выключенном и включенном состоянии РЗУ у Кокаральской плотины (суммарный показатель за 2 дня)

При выключенном РЗУ состав ихтиофауны был представлен 12 видами рыб: сазан, карась, плотва, язь, лещ, красноперка, чехонь, змееголов, судак, окунь, щука, и жерех. Жерех в сетных уловах не встречался, однако он является основным объектом любительского рыболовства на крючковую снасть.

При включенном РЗУ такие виды, как плотва и язь, отсутствовали в сетном улове. Количество красноперки существенно сократилось, она попадалась единично. Относительно сазана, карася, леща и чехони отмечено, что в обоих уловах их количество не изменилось. Численность хищной рыбы в уловах (щука, окунь, змееголов и судак) выросла.

Если оценивать работу гидроакустической системы по видовому составу, то РЗУ работает избирательно, – отпугивая мелкую мирную рыбу, не воздействует на крупную мирную рыбу и привлекает хищную. По численному соотношению разница вылова составила: при выключенном состоянии РЗУ – 173 экз., при включенном РЗУ – 94 экз., по биомассе это соотношение показало 37,5 кг и 27,6 кг соответственно.

По результатам улова на усилии можно сделать вывод, что эффективность работы данного РЗУ для мелкой мирной рыбы (язь, плотва и красноперка) составила 95 %, для крупной мирной рыбы (сазан и карась) воздействия не обнаружено, а в отношении хищной рыбы результат оказался отрицательный.

#### **4. Обсуждение результатов**

##### *4.1. Эффективность гидроакустического рыбозащитного устройства*

В результате изучения эффективности воздействия гидроакустического РЗУ у Кокаральской плотины обнаружено, что все возрастные группы язя, плотвы и красноперки имели активное стремление покинуть зону действия данного источника, спрятаться в растительности или уйти подальше от плотины. Таким образом, звук, передаваемый гидроакустическим устройством, действовал на рыб как отпугивающий. При работе РЗУ в сетных уловах язь и плотва совсем не встречались, т. е. по данным видам достигнут эффект 100 %, а по красноперке – 95 %. Анализ результатов подтверждает, что данное устройство показало высокую эффективность для данных видов рыб, что является хорошим показателем отведения их от плотины.

Что касается сазана и карася, то видно, что их численность не изменилась в обоих случаях. Здесь можно предположить, что звуковые волны не были достаточными для воздействия на мягкие ткани и плавательный пузырь, поскольку эти виды рыб имеют относительно крупное и более высокое тело. Попадание на исследуемом участке леща и чехони (в единичном экземпляре) не имеет конкретных объяснений, поскольку данные виды в это время сезона встречаются крайне редко.

По результатам проведенных исследований было обнаружено, что хищные рыбы, такие как окунь, щука, судак и змееголов, проявляли пассивную склонность покидать зону действия во время работы РЗУ. Возможно, исходящий от гидроакустической

системы звук для них работал в качестве привлекающего действия. При работе данного устройства численность этих рыб в улове увеличилась в 1,5–2 раза.

Отсутствие в сетных уловах жереха может быть следствием его биологических особенностей, так как он является одиночным хищником открытых пространств.

Анализируя лимитирующие факторы исследования по применению РЗУ, можно сказать, что в настоящее время не существует универсальных средств защиты, обеспечивающих 100%-ную защиту рыб всех видов и на всех стадиях развития (Бегляров и др., 2019). Кроме того, следует иметь в виду то, что наблюдения длились лишь два дня. За это время невозможно в полном объеме отследить сезонную динамику или варьирование, обусловленное сменой погоды. Тем не менее такого срока достаточно для получения надежного первичного результата. Значительным ограничением исследования явилось отсутствие гидрофона для измерения звукового фона от динамика под водой. Это основной фактор, так как звук для отпугивания рыб должен быть не менее 120 фон. Вероятно, что именно этим объясняется недостаточная эффективность РЗУ по отношению к крупным особям и хищным видам рыб.

#### 4.2. Видовой состав

По данным Аральского филиала ТОО «Научно-производственного центра рыбного хозяйства», современная промысловая ихтиофауна Малого Аральского моря состоит из 18 видов рыб, относящиеся к 5 отрядам: карпообразные (лещ, белоглазка, сазан, карась, белый толстолобик, белый амур, чехонь, плотва, красноперка, язь, шемая и жерех), окунеобразные (окунь речной, судак и змееголов), щукообразные (щука), сомообразные (сом) и камбалообразные (камбала-глосса). 15 видов из них относятся к аборигенным, остальные 3 вида: камбала-глосса, белый толстолобик и змееголов – считаются чужеродными для данного водоема. По видовому разнообразию наиболее богатым является семейство карповых (Ermakhanov et al., 2012). В ранее проведенной НИР такие виды, как окунь, язь, шемая и карась отмечены как малочисленные, однако численность окуня в наших уловах была высокой.

В Малом Аральском море доля леща составляет около 35 % от общего объема и занимает первое место в уловах, тем не менее у Кокаральской плотины, по нашим исследованиям, он встречался единично. Плотва является доминирующим видом по численности в устьевой части Малого моря, хотя распространена по всей акватории (Ермаханова, 2018). Ее доля в море достигает 30 %. Следующим доминирующим видом в море является судак, его процентное соотношение в уловах составляет больше 15 %. В связи с интенсивным опреснением Малого моря ареал обитания судака значительно расширился, и он стал встречаться почти по всей его акватории (Plotnikov et al., 2016). Доля остальных видов в промысловых уловах незначительна и варьируется в пределах 0,2–4 %.

По нашим данным, без РЗУ у Кокаральской плотины видовое разнообразие представлено 12 видами, относящимися к четырем семействам: карповые (сазан, карась, плотва, язь, лещ, красноперка, чехонь и жерех), окуневые (окунь, судак и змееголов) и

щуковые (щука). Анализ видового состава промысловых рыб у Кокаральской плотины показал некоторое отличие в количественном ее соотношении, то есть основными доминирующими видами здесь являлись красноперка и окунь, а плотва и щука входили в группу субдоминантов. Получается, что основная масса этих видов рыб концентрируется в устье реки и скатывается вниз по течению. Также в нижнем бьефе плотины в основном встречается плотва, красноперка и их молодь.

Единичное попадание леща на данном участке объясняется тем, что он в основном обитает в дельте реки и ее пойменной системе. Также чехонь в это время сезона предпочитает нагуливаться в опресненных частях моря. Численность остальных видов соответствует ранее проведенным исследованиям. Учитывая количество хищных рыб у плотины, следует обратить внимание на их биологические особенности, поскольку в данной акватории встречается огромное количество рыб, составляющих их основной рацион.

## 5. Заключение

Основным достижением данного исследования является получение устойчивых предварительных данных об эффективности гидроакустического РЗУ для каждого вида рыб; выявлены три группы, по-разному реагирующие на работу РЗУ.

Основываясь на результатах сетного улова, можно сделать следующие предварительные выводы:

- Звуковые волны, излучаемые гидроакустической системой, продемонстрировали высокую эффективность воздействия на мелкую мирную рыбу (язь, плотва и красноперка), что является хорошим показателем отведения этих видов рыб от плотины.
- На сазана и карася данное устройство не оказывало воздействия, возможно, звуковые волны не были достаточными, поскольку эти виды рыб имеют относительно крупное и более высокое тело.
- Хищные рыбы, такие как окунь, щука, судак и змееголов проявляли пассивную склонность покинуть зону действия во время работы РЗУ. Для них РЗУ работало в качестве привлекающего действия.

Важнейшим сопутствующим результатом исследования явилось определение видового состава рыб в районе Кокаральской плотины. Видовое разнообразие без РЗУ было представлено 12 видами, относящимися к четырем семействам: сазан, карась, плотва, язь, лещ, красноперка, чехонь, жерех, змееголов, судак, окунь и щука. По видовому составу наиболее богатым является семейство карповых. По численности и биомассе доминировали красноперка и окунь; группу субдоминантов составили плотва и щука. Число остальных видов рыб, кроме леща и чехони, совпадает с данными ранних исследований.

## 6. Рекомендации

Для детальной оценки эффективности гидроакустического РЗУ, установленного у Кокаральской плотины в Малом Аральском море, необходимо дальнейшее изучение с учетом сезонных изменений климата и гидрологической нестабильности потока воды в данной местности. Для более полноценного исследования необходимо иметь гидрофон для измерения соответствующих гидроакустических звуков, издаваемых подводными динамиками (не менее 120 фон).

## 7. Благодарности

Работа проводилась при финансовой поддержке Казахстанско-Немецкого университета в рамках проекта ESERA (Ecosystems, Society and Economics of the Region of Aral), который направлен на изучение проблем и современного состояния окружающей среды Приаралья.

Авторы выражают особую благодарность доктору Андрею Митусову за полезные предложения и помощь в редактировании статьи; координатору Алмасу Китапбаеву за организацию проекта, а также сотруднику Аральского филиала НППЦХ Бауыржану Сариеву за проведение отлова рыб в зоне исследования.

## Список литературы

Аладин, Н. В., Плотников, И. С. (2008). Современная фауна остаточных водоемов, образовавшихся на месте бывшего Аральского моря. *Труды Зоологического института РАН*, 312 (1/2), 145–154.

Андреев, Н. И. (1999). *Гидрофауна Аральского моря в условиях экологического кризиса*. Омск: ОмГПУ.

Бегляров, Д. С., Бакштанин, А. М., Костина, Е. С. (2019). Влияние типов и конструкций рыбозащитных сооружений на сохранение рыбных популяций внутренних водоемов страны. *Природообустройство*, 5, 64–71. doi: 10.34677/1997-6011/2019-5-64-71.

Ермаханова, Ж. З. (2018). Кіші Арал теңізіндегі арал тортасының қазіргі жағдайы. *Ясауи университетінің хабаршысы*, 2, 125–131.

Исбеков, К. Б., Жаркенов, Д. К., Ким, А. И., Мурзашев, Т. К., Ермаханов, З. К. (2013). *Глубинный гидроакустический комплекс для отпугивания рыб и молоди от гидротехнических сооружений*. (Патент № 27636). 15.11.2013. База патентов Казахстана. IP 27636. Дата обращения: 12.05.2021. <https://kzpatents.com/5-ip27636-glubinyj-gidroakusticheskijj-kompleks-dlya-otpugivaniya-ryb-i-molodi-ot-gidrotehnicheskikh-sooruzhenijj.html>



Калайда, М. Л., Говоркова, Л. К. (2013). *Методы рыбохозяйственных исследований*. СПб.: Проспект Науки.

*Кодекс ведения ответственного рыболовства*. (2011). ФАО. Дата обращения: 12.05.2021. <http://www.fao.org/3/i1900r/i1900r.pdf>

Миклин, Ф., Аладин, Н. В., Плотников, И. С., Ермаханов, З. К. (2016). Возможное будущее остаточных водоемов Аральского моря и их фауны. *Труды Зоологического института РАН*, 320 (2), 221–244. Дата обращения: 12.05.2021.

<https://www.zin.ru/journals/trudyzin/publication.html?id=267>

Мина, М. В. (1976). О методике определения возраста рыб при проведении популяционных исследований. *Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов*. Вильнюс: Мокслас, 2, 31–37.

Новикова, Н. М. (2019). Эколого-географический аспект Аральского кризиса. Часть 1. Развитие Аральской проблемы, ее изучение, оценка и разработка мероприятий. *Экосистемы: экология и динамика*, 3 (1), 5–66.

Нургизаринов, А. М., Жунисов, А. Т., Назаров, Е. А., Шарипова, А. Ж. (2016). Экологическое состояние рыбного промысла в Казахском Приаралье. *Гидрометеорология и экология*, 4, 164–175. Дата обращения: 12.05.2021.

[http://91.203.172.86/bk/water\\_land\\_resources\\_use/russian\\_ver/pdf/nurgizarinov-et-al.pdf](http://91.203.172.86/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/nurgizarinov-et-al.pdf)

Нусенбаум, Л. М. (1967). Научные основы применения рыбопропускных и рыбозащитных сооружений и связанные с ними задачи исследования поведения рыб. В кн. *Поведение рыб в зоне гидротехнических сооружений*. М.: Наука. 25–42.

*О введении ограничений и запретов на пользование объектами животного мира, их частей и дериватов, установлении мест и сроков их пользования (2015, июль, 24)*. ИПС Эділет. Дата обращения: 12.05.2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011939>

*Об утверждении Правил подготовки биологического обоснования на пользование животным миром (2014, апрель, 04)*. ИПС Эділет. Дата обращения: 12.05.2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400009307>

*Об утверждении требований к рыбозащитным устройствам водозаборных и сбросных сооружений (2019, май, 31)*. ИПС Эділет. Дата обращения: 12.05.2021. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1900018783>

Павлов, Д. С., Пахоруков, А. М. (1973). *Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения*. М.: Пищевая промышленность.

Правдин, И. Ф. (1966). *Руководство по изучению рыб*. М.: Пищевая промышленность. Дата обращения: 12.05.2021. <http://dspace.vniro.ru/xmlui/handle/123456789/1462>

Сиханова, Н. С., Шынбергенов, Е. А., Рахимов, И. И., Ермолаев, О. П. (2014). Современное экологическое состояние Северного Аральского моря. *Проблемы современной биологии: материалы XII Международной научно-практической конференции*. М.: Спутник, 70–73.

Строительные нормы и правила (СНиП) 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. (1989). Дата обращения: 12.05.2021.

<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854719.pdf>

Aladin, N. V., Filippov, A. A., Plotnikov, I. S., Orlova, M. I., & Williams, W. D. (1998). Changes in the structure and function of biological communities in the Aral Sea, with particular reference to the northern part (Small Aral Sea), 1985–1994: A review. *International Journal of Salt Lake Research*, 7(4), 301–343. <https://doi.org/10.1023/A:1009009924839>

Darwall, W. R. T., & Freyhof, J. (2015). Lost fishes, who is counting? The extent of the threat to freshwater fish biodiversity. In *Conservation of Freshwater Fishes* (pp. 1–36). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139627085.002>

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(2), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>

Ermakhanov, Z. K., Plotnikov, I. S., Aladin, N. V., & Micklin, P. (2012). Changes in the Aral Sea ichthyofauna and fishery during the period of ecological crisis. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 17(1), 3–9. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2012.00492.x>

Harrison, I., Abell, R., Darwall, W., Thieme, M. L., Tickner, D., & Timboe, I. (2018). The freshwater biodiversity crisis. *Science*, 362(6421), 1369. <https://doi.org/10.1126/science.aav9242>

Koshkarov, N. B., Abseitov, E. T., Kolpek, A. K., & Akhaeva, A. A. (2017). The modern ecological state of the Aral Sea. *Science and World*, 1(11 (51)), 54–55.

Magurran, A. E. (2009). Threats to freshwater fish. *Science*, 325(5945), 1215–1216. <https://doi.org/10.1126/science.1177215>

Mapio.net. *Аральский район*, (n.d.). Retrieved September 11, 2020, from <https://mapio.net/pic/p-39848875/>

McCusker, M. R., Curtis, J. M. R., Lovejoy, N. R., & Mandrak, N. E. (2017). Exploring uncertainty in population viability analysis and its implications for the conservation of a freshwater fish. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(4), 780–788. <https://doi.org/10.1002/aqc.2761>

Meyer, C., Kreft, H., Guralnick, R., & Jetz, W. (2015). Global priorities for an effective information basis of biodiversity distributions. *Nature Communications*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/ncomms9221>

Nurgizarinov, A. M., Tapalova, A. S., Nazarov, E. A., & Sharipova, A. Z. (2014). New data on the ecology of the northern aral sea after the construction of the first Kokaral dam on the Berg Strait. *Life science journal*, 11(5), 296–299.

Pelayo-Villamil, P., Guisande, C., Manjarrés-Hernández, A., Jiménez, L. F., Granado-Lorencio, C., García-Roselló, E., González-Dacosta, J., Heine, J., González-Vilas, L., & Lobo,

- 
- J. M. (2018). Completeness of national freshwater fish species inventories around the world. *Biodiversity and Conservation*, 27(14), 3807–3817. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1630-y>
- Plotnikov, I. S., Ermakhanov, Z. K., Aladin, N. V., & Micklin, P. (2016). Modern state of the Small (Northern) Aral Sea fauna. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 21(4), 315–328. <https://doi.org/10.1111/lre.12149>
- Roberts, C. M., & Hawkins, J. P. (1999). Extinction risk in the sea. *Trends in Ecology and Evolution*, 14(6), 241–246. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01584-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01584-5)
- Strayer, D. L., & Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: Recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 344–358. <https://doi.org/10.1899/08-171.1>
- Tesch, N., & Thevs, N. (2020). Wetland Distribution Trends in Central Asia. *Central Asian Journal of Water Research*, 6(1), 39–54. <https://doi.org/10.29258/cajwr/2020-r1.v6-1/39-65.eng>
- Zarfl, C., Lumsdon, A. E., Berlekamp, J., Tydecks, L., & Tockner, K. (2015). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77(1), 161–170. <https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0>

## Efficiency of Sonar Fish Protection Device at the Kokaral Dam of the Small Aral Sea

S. E. Sharakhmetov<sup>1\*</sup>, T. R. Barakbayev<sup>2</sup>, T. O. Adayev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, 050040, Kazakhstan

<sup>2</sup>Fishery Research and Production Center LLP, Aral Branch, 46 Zheltoksan St., Kyzylorda, 120014, Kazakhstan

\* Corresponding author

Email: [sharakhmetov@gmail.com](mailto:sharakhmetov@gmail.com)

### Abstract

*The study aimed to assess the efficiency of the pilot hydro-acoustic (sonar) fish protection device (SFPD) installed at the Kokaral Dam of the Small Aral Sea. For this purpose, between August 27 and September 5, 2020 experimental and control fish catching was carried out using fixed fishing nets (30x60 mm mesh). The SFPD's effectiveness was assessed based on the amount and species diversity of the caught fish with and without the SFPD operating. Fish behavior and distribution were monitored using an echo sounder. In terms of quantity, 173 fish were caught with the SFPD off, and 94 with the SFPD on. In terms of biomass, the values were 37.5 kg and 27.6 kg, respectively. With the SFPD off, the ichthyofauna composition was represented by 12 fish species: carp, crucian carp, roach, ide, bream, common rudd, saber carp, snakehead, pike perch, perch, pike, and asp. With the SFPD on, roach and ide were absent in the catch, and the quantity of common rudd significantly decreased. In both catches, the quantity of carp and crucian carp was similar; bream and saber carp specimen were sporadic. The number of predatory fish (pike, perch, snakeheads, and pike perch) in the catches increased. Asp was absent in the net catches also; however, this fish species represents the main object of amateur hook and line fishing. Based on the catch-per-effort unit, it can be concluded that whereas the SFPD observed efficiency for small non-predatory fish like ide, roach, and common rudd was 95%, it was 0% for large non-predatory fish (carp and crucian carp); and negative for predatory fish.*

**Key words:** Kokaral dam, Small Aral Sea, fish protection device, hydroacoustics, ichthyofauna.

### References

Aladin, N.V. & Plotnikov, I.S. (2008). Sovremennaja fauna ostatochnyh vodoemov, obrazovavshijsja na meste byvshego Aral'skogo morja [Modern fauna of residual water bodies formed on the site of the former Aral Sea]. *Trudy Zoologicheskogo Instituta RAN*, 312(1/2), 145-154 [in Russian];

Andreev, N.I. (1999). Gidrofauna Aral'skogo morja v uslovijah jekologicheskogo krizisa [Hydrofauna of the Aral Sea in the conditions of the ecological crisis] Omsk: OmGPTU [in Russian];

Begljarov, D.S., Bakshtanin, A.M. & Kostina, E.S. (2019). Vlijanie tipov i konstrukcij rybozashhitnyh sooruzhenij na sohranenie rybnyh populjacij vnutrennih vodoemov strany [Influence of types and designs of fish protection installations on the preservation of fish populations of domestic inland water bodies]. *Prirodoobustrojstvo*, 5, 64-71 [in Russian];

Ermakhanova, Zh.Z. (2018). *Kishi Aral tenizindegi aral tortasynyn kazirgi zhagdajy* [Current state of the Aral roach in the Small Aral Sea]. *Jasaui Universitetinin Habarshysy*, 2, 125-131 [in Kazakh];

Isbekov, K.B., Zharkenov, D.K., Kim, A.I., Murzashev, T.K. & Ermakhanov, Z.K. (2013). *Glubinnyj gidroakusticheskij kompleks dlja otpugivaniya ryb i molodi ot gidrotehnicheskikh sooruzhenij* [Deep hydroacoustic complex for scaring away fish and young stock hydraulic installations — 15.11.2013 — IP 27636 — *Baza patentov Kazahstana (Patent No. 27636)* (<https://kzpatents.com/5-ip27636-glubinnyj-gidroakusticheskij-kompleks-dlya-otpugivaniya-ryb-i-molodi-ot-gidrotehnicheskikh-sooruzhenij.html>)] [in Russian];

Kalajda, M.L. & Govorkova, L.K. (2013). *Metody rybohozjajstvennyh issledovanij* [Fishery research methods]. *Prospekt Nauki* [in Russian];

*Kodeks vedenija otvetstvennogo rybolovstva* (2011). [Code of Conduct for Responsible Fishery]. FAO (<http://www.fao.org/3/a-i1900r.pdf>) [in Russian];

Miklin, F., Aladin, N.V., Plotnikov, I.S. & Ermakhanov, Z.K. (2016). *Vozmozhnoe budushhee ostatocnyh vodoemov Aral'skogo morja i ih fauny* [Potential future of residual water bodies of the Aral Sea and their fauna]. *Trudy Zoologicheskogo Instituta RAN* volume 320(2), 221-244 (<https://www.zin.ru/journals/trudyzin/publication.html?id=267>) [in Russian];

Mina, M.V. (1976). *O metodike opredelenija vozrasta ryb pri provedenii populjacionnyh issledovanij* [On the methodology of determining the age of fish during population studies]. *Tipovye Metodiki Issledovanija Produktivnosti Vidov Ryb v Predelah Ih Arealov*, 2, 31-37 [in Russian];

Novikova, N.M. (2019). *Ekologo-geograficheskij aspekt Aral'skogo krizisa. Chast' 1. Razvitie Aral'skoj problemy, ee izuchenie, ocenka i razrabotka meroprijatij* [Ecological and geographical aspect of the Aral Sea crisis. Part 1. Development of the Aral problem, its study, assessment and development of measures]. *Ekosistemy: Ekologija i Dinamika*, 3(1), 5-66 [in Russian];

Nurgizarinov, A.M., Zhunisov, A.T., Nazarov, E.A. & Sharipova, A.Zh. (2016). *Ekologicheskoe sostojanie rybnogo promysla v Kazahstanskom Priaral'e* [The ecological state of fisheries in the Kazakhstan Aral Sea region]. *Gidrometeorologija i Ekologija*, 4, 164-175 ([http://91.203.172.86/bk/water\\_land\\_resources\\_use/russian\\_ver/pdf/nurgizarinov-et-al.pdf](http://91.203.172.86/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/nurgizarinov-et-al.pdf)) [in Russian];

Nusenbaum, L.M. (1967). *Nauchnye osnovy primenenija rybopropusknyh i rybozashhitnyh sooruzhenij i svjazannye s nimi zadachi issledovanija povedenija ryb. Povedenie ryb v zone gidrotehnicheskikh sooruzhenij* [Scientific basis of the use of fish-passage and fish-protection installations and related tasks of studying the behavior of fish. Fish behavior in the area of hydraulic installations], pp. 25-42. M.: *Nauka*. [in Russian];



O vvedenii ogranichenij i zapretov na pol'zovanie ob#ektami zhivotnogo mira, ih chastej i derivatov, ustanovlenii mest i srokov ih pol'zovanija [On the introduction of restrictions and prohibitions on the use of objects of the animal world, their parts and derivatives, the establishment of places and terms of their use] - *IPS "Adilet"* (2015). (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011939>) [in Russian];

Ob utverzhdenii Pravil podgotovki biologicheskogo obosnovanija na pol'zovanie zhivotnym mirom [On the approval of the Rules for the preparation of biological justification for the use of the animal world] - *IPS "Adilet"* (April 4, 2014). (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400009307>) [in Russian];

Ob utverzhdenii trebovanij k rybozashhitnym ustrojstvam vodozabornyh i sbrosnyh sooruzhenij [On approval of the Requirements for fish protection devices of water intake installations] - *IPS "Adilet"* (May 31, 2019). (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1900018783>) [in Russian];

Pavlov, D.S. & Pakhorukov, A.M. (1973). Biologicheskie osnovy zashhity ryb ot popadanija v vodozabornye sooruzhenija [Biological basis of preventing fish from entering water intake facilities]. *"Pishhevaja promyshlennost"* [in Russian];

Pravdin, I F. (1966). *Rukovodstvo po izucheniju ryb* [Fish Study Guide]. *Izd-vo "Pishhevaja promyshlennost"* [in Russian];

Sikhanova, N.S., Shynbergenov, E.A., Rakhimov, I.I. & Ermolayev, O.P. (2014). Sovremennoe ekologicheskoe sostojanie Severnogo Aral'skogo morja [The current ecological state of the North Aral Sea]. *Problemy Sovremennoj Biologii: Materialy XII Mezhdunarodnoj Nauchno-Prakticheskoy Konferencii*, 70-73 [in Russian];

Stroitel'nye normy i pravila (SNiP) 2.06.07-87 Podpornye steny, sudohodnye shljuzy, rybopropusknye i rybozashhitnye sooruzhenija [Building Codes and Regulations 2.06.07-87 Retaining walls, shipping locks, fish passages and fish protection structures] (1989) [in Russian];

Aladin, N.V., Filippov, A.A., Plotnikov, I.S., Orlova, M.I. & Williams, W.D. (1998). Changes in the structure and function of biological communities in the Aral Sea, with particular reference to the northern part (Small Aral Sea), 1985-1994: A review. *International Journal of Salt Lake Research*, 7(4), 301-343 (<https://doi.org/10.1023/A:1009009924839>);

Darwall, W.R.T. & Freyhof, J. (2015). Lost fishes, who is counting? The extent of the threat to freshwater fish biodiversity. In: *Conservation of Freshwater Fishes* (pp. 1-36). *Cambridge University Press* (<https://doi.org/10.1017/cbo9781139627085.002>);

Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. & Sullivan, C.A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(2), 163-182 (<https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>);

Ermakhanov, Z.K., Plotnikov, I.S., Aladin, N.V. & Micklin, P. (2012). Changes in the Aral Sea ichthyofauna and fishery during the period of ecological crisis. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 17(1), 3-9 (<https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2012.00492.x>);

Harrison, I., Abell, R., Darwall, W., Thieme, M.L., Tickner, D. & Timboe, I. (2018). The freshwater biodiversity crisis. *Science*, 362(6421), 1369 (<https://doi.org/10.1126/science.aav9242>);

Koshkarov, N.B., Abseitov, E.T., Kolpek, A. K. & Akhayeva, A.A. (2017). The modern ecological state of the Aral Sea. *Science and World*, 1(11 (51)), 54-55;

Magurran, A.E. (2009). Threats to freshwater fish. *Science*, 325(5945), 1215-1216 (<https://doi.org/10.1126/science.1177215>);

Mapio.net *Aralskij rajyon* (n.d.). Retrieved September 11, 2020 (from <https://mapio.net/pic/p-39848875/>);

McCusker, M.R., Curtis, J.M.R., Lovejoy, N.R. & Mandrak, N.E. (2017). Exploring uncertainty in population viability analysis and its implications for the conservation of a freshwater fish. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(4), 780-788 (<https://doi.org/10.1002/aqc.2761>);

Meyer, C., Kreft, H., Guralnick, R. & Jetz, W. (2015). Global priorities for an effective information basis of biodiversity distributions. *Nature Communications*, 6(1), 1-8 (<https://doi.org/10.1038/ncomms9221>);

Nurgizarinov, A.M., Tapalova, A.S., Nazarov, E.A. & Sharipova, A.Z. (2014). New data on the ecology of the northern aral sea after the construction of the first Kokaral dam on the Berg Strait. *LIFE SCIENCE JOURNAL*, 11(5), 296-299;

Pelayo-Villamil, P., Guisande, C., Manjarrés-Hernández, A., Jiménez, L.F., Granado-Lorencio, C., García-Roselló, E., González-Dacosta, J., Heine, J., González-Vilas, L. & Lobo, J.M. (2018). Completeness of national freshwater fish species inventories around the world. *Biodiversity and Conservation*, 27(14), 3807-3817 (<https://doi.org/10.1007/s10531-018-1630-y>);

Plotnikov, I. S., Ermakhanov, Z.K., Aladin, N.V. & Micklin, P. (2016). Modern state of the Small (Northern) Aral Sea fauna. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 21(4), 315-328 (<https://doi.org/10.1111/lre.12149>);

Roberts, C.M. & Hawkins, J.P. (1999). Extinction risk in the sea. *Trends in Ecology and Evolution*, 14(6), 241-246 ([https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01584-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01584-5));

Strayer, D.L. & Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: Recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 344-358 (<https://doi.org/10.1899/08-171.1>);

Tesch, N. & Thevs, N. (2020). Wetland Distribution Trends in Central Asia. *Central Asian Journal of Water Research*, 6(1), 39-54 (<https://doi.org/10.29258/cajwr/2020-r1.v6-1/39-65.eng>);

---

Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L. & Tockner, K. (2015). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77(1), 161-170 (<https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0>).