

Научная статья
УДК 574.633:556.114.6/7:639.311
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-65-71>

Оценка влияния выращивания товарной рыбы в садках на экологическое состояние водоема

Л. Б. Кушникова[✉], *А. А. Мухрамова,*
Б. С. Аубакиров, Д. А. Костюченко, А. У. Умиртаева

*ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»,
Алматы, Республика Казахстан, lbk249157@mail.ru*[✉]

Аннотация. Выращивание большой массы гидробионтов на ограниченной площади (садковое рыбоводство) приводит к локальному увеличению нагрузки на экосистему от дополнительно поступающих органических веществ. В связи с высокими темпами роста садковых хозяйств в различных открытых природных водоемах требуется совершенствование системы мониторинга их воздействия на водные биоценозы. Дана оценка качества поверхностных вод и донных отложений Ермаковского залива Усть-Каменогорского водохранилища в зоне функционирования садкового хозяйства ТОО «Шыгыс». По показателям зоопланктона был использован индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека, для макрозообентоса – олигохетный индекс. Исследования проводили на трех станциях: 200 м выше залива (условно «фоновая» станция), у садковой линии (отражает локальное воздействие рыбоводного хозяйства на водоем), 200 м ниже залива (отражает общее влияние предприятия на водоем, связанное с выносом загрязняющих веществ). В результате исследований установлено, что до начала функционирования садкового рыбоводного хозяйства качество воды и донных отложений на всех точках исследования соответствовало категории «чистая». Через год после запуска предприятия отмечено снижение таксономического богатства зоопланктона, что свидетельствует о незначительном ухудшении качества поверхностных вод. На четвертый год функционирования садкового хозяйства индексы сапробности у садковой линии увеличились до 1,8, ниже залива – до 1,6, что свидетельствует о локальном ухудшении качества поверхностных вод (III класс, вода умеренно загрязненная). Аналогичная ситуация характерна и для донных сообществ беспозвоночных. В 2017 г. на всех трех станциях исследования, а в последующие годы только на условно «фоновой» станции донные отложения характеризовались как «чистые». В 2019–2021 гг. загрязнение донных отложений шло по нарастающей. В садковой зоне и ниже залива Ермаковский значения олигохетного индекса увеличились с 14–20 до 58–75 %. В 2019 г. донные отложения были оценены IV классом (загрязненные), а в 2021 г. V классом (грязные). На основании проведенных исследований были разработаны корректирующие мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на открытый природный водоем. В дальнейшем мониторинг изменения качественных и количественных показателей гидробионтов в районе функционирования рыбоводных садковых хозяйств позволит проводить локальный мониторинг качества воды и своевременно корректировать мелиоративные и рыбоводные мероприятия.

Ключевые слова: садковое хозяйство, качество воды и донных отложений, зоопланктон, макрозообентос, индекс сапробности, олигохетный индекс

Благодарности: исследование финансируется Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (грант № BR10264236).

Для цитирования: Кушникова Л. Б., Мухрамова А. А., Аубакиров Б. С., Костюченко Д. А., Умиртаева А. У. Оценка влияния выращивания товарной рыбы в садках на экологическое состояние водоема // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 65–71. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-65-71>.

Original article

Assessment of impact of growing commercial fish in cages on ecological state of water body

L. B. Kushnikova[✉], *A. A. Mukhramova,*
B. S. Aubakirov, D. A. Kostyuchenko, A. U. Umirtayeva

*Fisheries Research and Production Center, LLP,
Almaty, Republic of Kazakhstan, lbk249157@mail.ru*[✉]

Abstract. Growing a large mass of hydrobionts in a limited area (cage fish farming) entails a local increase in the load on the ecosystem from additional organic matter. In connection with the high growth rates of development of cage farms in various open natural water bodies, it is necessary to improve the system for monitoring their impact on aquatic biocenoses. The quality of surface waters and bottom sediments of the Ermakovskiy Bay of the Ust-Kamenogorsk Reservoir has been assessed in the of operation area of the cage farm Shygys, LLP. According to the zooplankton indices, the Pantle-Bukk saprobity index in the modification of Sladечek was used, the oligochaete index was used for macrozoobenthos. The studies were carried out at three stations: 200 m upper the bay (conditionally background station); at the cage line (reflects the local impact of the fish farm on the reservoir); 200 m lower the bay (reflects the overall impact of the enterprise on the reservoir associated with the removal of pollutants). As a result of the research, it was found that before the start of cage fish farm operation the quality of water and bottom sediments at all points of the study corresponded to the “clean” category. A year after the launch of the enterprise a decrease in the taxonomic richness of zooplankton was noted, which indicates a slight deterioration in the quality of surface waters. In the fourth year of cage farm operation the saprobity indices near the cage line grew up to 1.8, and lower the bay - to 1.6, which indicates a local deterioration of the surface waters quality (class III, moderately polluted water). A similar situation is also characteristic of benthic communities of invertebrates. In 2017, at all three research stations, and in subsequent years only at a conditionally background station bottom sediments were characterized as clean. In 2019-2021 the pollution of bottom sediments was on the rise in the cage zone and below the Yermakovskiy Bay. The values of the oligochaete index increased from 14-20 to 58-75%. In 2019, bottom sediments were rated as class IV (contaminated), and in 2021 - as class V (dirty). On the results of the studies there were developed the corrective measures for reducing the anthropogenic load on the open natural reservoir. In the future monitoring the changes in qualitative and quantitative indicators of hydrobionts in the operation area of fish cage farms will allow local monitoring of water quality and timely adjustment of reclamation and fish breeding activities.

Keywords: cage fish farm, quality of water and bottom sediments, zooplankton, macrozoobenthos, saprobity index, oligochaete index

Acknowledgment: the research is funded by the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR10264236).

For citation: Kushnikova L. B., Mukhramova A. A., Aubakirov B. S., Kostyuchenko D. A., Umirtayeva A. U. Assessment of impact of growing commercial fish in cages on ecological state of water body. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2022;2:65-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-65-71>.

Введение

Садковое рыбоводство – самая распространенная технология товарного выращивания лососевых рыб во всем мире [1]. Данное рыбоводное направление получило свое развитие и в Восточном Казахстане: начиная с 2018 г. на Усть-Каменогорском водохранилище функционируют садковые рыбоводные хозяйства. В 2021 г. на базе садкового форелевого хозяйства ТОО «Шыгыс» начали проводить работы по domestикации узкоареального эндемичного и ценного вида лососевых рыб – маркакольского ленка (*Brachymystax lenok savinovi* Mitrofanov). Маркакольский ленок распространен в оз. Маркаколь и впадающих в него реках. Как и все лососевые, маркакольский ленок требователен к качеству воды, поэтому оценка экологического состояния водного объекта в зоне функционирования садкового хозяйства имеет важное значение [2].

При оценке влияния рыбоводных садковых хозяйств на качество воды и донных отложений приоритетным признан биологический метод, т. к. показывает ответ биологических сообществ на весь комплекс негативного воздействия [3].

Целью данного исследования была оценка качества поверхностных вод и донных отложений Ермаковского залива по гидробиологическим показателям в зоне влияния садкового хозяйства по выращиванию радужной форели.

Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

- оценить качество поверхностных вод Ермаковского залива по показателям зоопланктона;
- оценить качество донных отложений по показателям макрозообентоса;
- разработать рекомендации по снижению экологической нагрузки на водоем со стороны садкового рыбоводного хозяйства.

Биологический мониторинг необходим для получения точных сведений об уровне воздействия хозяйства на окружающую среду и (при необходимости) для принятия срочных мер при появлении негативных воздействий.

Материал и методы исследований

В данной статье отражены материалы исследований, проведенных в период открытой воды в 2017, 2019 и 2021 гг. в Ермаковском заливе Усть-Каменогорского водохранилища. Исследования проводили на 3 станциях: 200 м выше залива Ермаковский, у садковой линии и 200 м ниже залива.

В качестве биологических индикаторов качества водной среды были использованы зоопланктон и макрозообентос. Отбор и обработку проб проводили широко используемыми методами, принятыми в гидробиологии [4, 5]. Известно, что наиболее популярным методом оценки степени загрязнения водного объекта по показателям развития зоопланктона является сапробиологический анализ (метод сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека), а для водохранилищ – по

макрозообентосу – широко используют олигохетный индекс. Выбранные показатели для мониторинга наиболее информативны и позволяют объективно оценить экологическую ситуацию, они достаточно просты в определении, доступны и недороги. Эти методы позволяют получить адекватную оценку качества вод и донных отложений, дают высокую репрезентативность результатов [6, 7].

Всего было отобрано и проанализировано по 86 проб зоопланктона и макрозообентоса.

Результаты и обсуждение

Залив Ермаковский расположен в Уланском районе Восточно-Казахстанской области на правом берегу Усть-Каменогорского водохранилища. Залив занимает межгорную долину каньонного типа протяженностью 1 130 м, площадью 16 га. Ширина залива в начале 120 м, на выходе в водохранилище – 300 м, что составляет наибольшую ширину. Глубины нарастают быстро по продольной оси и от берега: в продольном направлении нарастают от 2–3 м в начале залива до 17–20 м в районе садковой линии и на выходе в водохранилище.

Дно залива каменисто-галечниковое, с вкраплениями песчано-иловых отложений. В глубоководной части довольно большой слой илистых отложений. На мелководье в заливе хорошо развиты прибрежные макрофиты – как погруженные, так и полупогруженные (осока, тростник, уруть, рдест) [8].

В 2018 г. в заливе Ермаковский была установлена садковая линия по выращиванию товарной

продукции радужной форели. В 2021 г. на базе рыбоводного хозяйства «Шыгыс» начали проводить экспериментальные работы по domestикации маркакольского ленка.

Экологическое воздействие садковых рыбоводных хозяйств носит многофакторный характер. Самым значительным экологическим загрязнением при разведении рыб является загрязнение воды питательными веществами, т. е. эвтрофирование. Увеличение содержания питательных веществ в воде и уровень негативных последствий для водоема зависят от величины нагрузки по отношению к существующим возможностям их разбавления, т. е. самоочищения водоема (температура воды, проточность, рельеф дна и т. д.).

Считается, что химикаты, используемые при разведении рыб (формалин, соль, хлорамин, перекись водорода), не наносят существенного вреда окружающей среде, т. к. их использование минимально, а содержание в воде быстро уменьшается. Но в непосредственной близости от предприятия возможно вредное воздействие на местном уровне, особенно на наиболее чувствительные виды планктона и микроорганизмов [9].

Для оценки качества поверхностных вод Ермаковского залива использовали данные по зоопланктону. В составе зоопланктона Ермаковского залива за весь период исследования зарегистрировано 27 таксонов – 13 Rotifera, 5 Copepoda, 9 Cladocera. Перечень таксономического состава зоопланктона приведен в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Таксономический состав зоопланктона Ермаковского залива в 2017 (1), 2019 (2) и 2021 (3) гг.

Taxonomic composition of zooplankton in the Ermakovskiy Bay in 2017 (1), 2019 (2) and 2021 (3)

Видовой состав	Район исследования								
	200 м выше залива			200 м ниже залива			У садковой линии		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Rotifera									
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson (о-β)	–	+	+	–	+	–	–	+	+
<i>Keratella quadrata</i> (Muller) (о-β)	+	+	+	+	+	+	+	–	–
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse) (β-о)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg) (β-а)	+	–	+	+	–	+	+	–	+
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott) (о)	–	+	+	–	–	–	–	+	–
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse) (о-β)	+	+	–	+	+	–	+	–	–
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet) (о)	+	+	–	+	+	–	+	+	–
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof) (о)	+	+	–	+	–	–	+	–	–
<i>Euchlanis proxima</i> (Muller)	–	–	–	+	–	–	+	–	–
<i>Trichocerca longiseta</i> (Rousselet) (о)	–	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg (β-о)	–	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Brachionus calyciflorus</i> (Muller) (β-α)	–	–	–	+	–	–	–	–	–

Видовой состав	Район исследования								
	200 м выше залива			200 м ниже залива			У садковой линии		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Copepoda									
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus) (о)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Neurodiaptomus incongruens</i> (Poppe) (β)	–	+	–	+	–	–	+	–	–
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanine) (о–β)	–	+	–	+	–	–	+	–	–
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine) (β)	+	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer) (о–β)	–	–	–	+	–	–	–	–	–
Cladocera									
<i>Bosmina longirostris</i> (Muller) (о–β)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievins) (о–β)	+	–	–	+	+	+	+	–	+
<i>Daphnia longispina</i> (O. F. Muller) (β)	+	+	–	+	–	+	+	–	+
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars) (β)	+	+	+	+	–	+	+	+	+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (Muller) (β)	+	–	–	–	–	–	+	+	–
<i>Chydorus schaefericus</i> (O. F. Muller) (β)	+	–	–	–	–	–	+	–	+
<i>Disparalona rostrata</i> (о–β)	+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Bosmina obtusirostris</i> (Muller)	+	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Acropereus harpae</i> (Baird) (х–о)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
Всего видов	16	13	8	19	8	9	16	8	10

Доминантное ядро зоопланктона (частота встречаемости 100 %) представлено тремя таксонами – *K. cochlearis*, *M. Leuckarty*, *B. longirostris*. Также в массе встречались циклопы на науплиальной стадии развития. Наиболее разнообразны коловратки, на их долю приходится 48 % от общего числа видов.

Из 27 зарегистрированных таксонов 24 являются индикаторами сапробности, среди которых преобладают виды с β и о–β-валентной сапробностью.

Наибольшее таксономическое богатство зоопланктона отмечено в 2017 г., до начала функционирования садкового хозяйства. В составе зоопланктона зарегистрировано 22 таксона. Значения индексов сапробности, рассчитанные по зоопланктону, на трех точках исследований варьировали в пределах II класса качества от 1,10 до 1,35, среднее значение составило 1,40, что соответствует II классу, вода чистая.

В 2019 г. таксономическое богатство зоопланктона снижается наполовину, причем большее снижение таксономического богатства наблюдается в районе установки садковой линии и ниже залива. Значения индекса сапробности варьировали в пределах II класса качества, воды на всех исследуемых станциях соответствовали категории «чистые», за исключением участка между садками, где в июне индекс сапробности составил 1,60, что соответствует III классу качества, «воды умеренно загрязненные».

На четвертый год функционирования садкового хозяйства таксономический состав зоопланктона практически не изменился, однако изменилось его

распространение по станциям исследования, что отразилось на показателях индекса сапробности. Так, на станции, расположенной выше залива с садками, среднее значение индекса сапробности составило 1,3, что соответствует II классу качества вод (чистая). У садковой линии и ниже Масынского залива значения индекса сапробности были соответственно 1,8 и 1,6, что свидетельствует о наличии умеренного загрязнения.

Таким образом, результаты анализа степени развития зоопланктона в течение четырех лет функционирования садкового хозяйства свидетельствуют о незначительном снижении качества воды в районе садковой линии и ниже залива [6].

Органические материалы, накапливающиеся благодаря кормам, разросшимся водорослям и водной растительности, опускаются на дно водоемов, где деятельность разлагающих их микроорганизмов начинает способствовать повышенному потреблению кислорода. Уменьшение уровня содержания кислорода в придонном слое воды может также изменить структуру донных живых сообществ в водоеме [9].

Анализ состояния макрозообентоса проводили в период 2017–2021 гг. с двухлетним интервалом. В составе донных сообществ макробеспозвоночных отмечено 23 таксона, из них 13 таксонов хирономид, 5 таксонов моллюсков, по 2 таксона ракообразных и мизид, а также малоштитковые черви.

Для расчета олигохетного индекса использовали отношение общей численности олигохет к общей численности донных организмов, в % (табл. 2) [5].

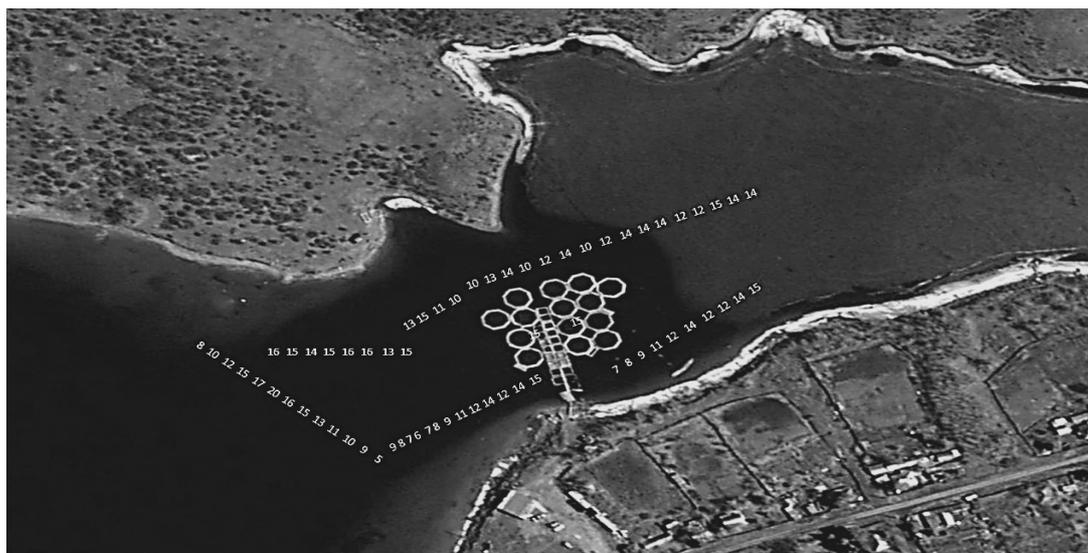
Динамика средних значений численности (экз./м²) и олигохетных индексов на станциях мониторинга в Ермаковском заливе в 2017, 2019 и 2021 гг.

Dynamics of average abundance values (sp./m²) and oligochaete indices at monitoring stations in the Ermakovskiy Bay in 2017, 2019 and 2021

Группа	200 м выше залива			У садковой линии			200 м ниже залива		
	2017 г.	2019 г.	2021 г.	2017 г.	2019 г.	2021 г.	2017 г.	2019 г.	2021 г.
Олигохеты	120	400	240	120	280	960	40	160	280
Моллюски	–	–	80	40	–	–	–	–	80
Мизиды	40	–	40	40	–	40	–	–	–
Гаммарусы	440	520	40	160	120	120	120	120	–
Хирономиды	80	600	440	240	80	240	120	–	80
<i>Всего</i>	<i>680</i>	<i>1 520</i>	<i>840</i>	<i>600</i>	<i>480</i>	<i>1 280</i>	<i>280</i>	<i>280</i>	<i>400</i>
Олигохетный индекс, %	18	26	29	20	58	75	14	57	70
Класс качества	I класс, «очень чистые»	II класс, «чистые»	II класс, «чистые»	I класс, «очень чистые»	IV класс, «загрязненные»	V класс, «грязные»	I класс, «очень чистые»	IV класс, «загрязненные»	V класс, «грязные»

До начала функционирования садкового рыбноводного хозяйства уровень развития макрозообентоса на всех трех точках исследования соответствовал первому классу качества, «очень чистые». Через два года проведения рыбноводных работ наметилась тенденция к снижению качества донных отложений. В сообществах макрозообентоса снизилась доля моллюсков и ракообразных, но увеличилась доля олигохет. В 2019 г. класс качества воды по олигохетному индексу изменялся от «очень чистого» до «загрязненного». Выше залива вода была чистая по показателям состояния макрозообентоса. В 2021 г. качество воды у садковой линии и ниже залива по показателям зообентоса продолжает ухудшаться до V класса, «вода грязная». Данная ситуация свидетельствует о накоплении органических веществ под садками и частичном выносе их из залива.

Негативное воздействие на сообщество донных беспозвоночных связано не только с нарушением технологического процесса, в результате которого образуется достаточно большое количество биологических отходов, но и с неправильным выбором места установки садковой линии. Рельеф дна акватории не должен препятствовать рассеиванию неусвоенного рыбами корма и продуктов метаболизма на максимально большей площади. Этому может способствовать небольшой уклон ложа водоема без глубоких ступеней и впадин. Следует избегать углублений и котлованов под местом расположения садков. Эхолокационная съемка района исследований в 2021 г. показала наличие углубления в ложе водоема под садками, где концентрируются остатки корма и продукты жизнедеятельности рыб (рис.).



Карта глубин в районе садковой линии в заливе Ермаковский

Depth map in the area of the cage line in the Ermakovskiy Bay

На основании проведенных исследований рыбоводному хозяйству были предложены рекомендации по улучшению экологического состояния открытого природного водоема, которые включали следующие положения:

- изменить схемы расположения садковой линии с учетом правил размещения рыбоводных хозяйств;
- откорректировать технологический процесс выращивания рыбы, включая изменение условий разведения рыбы и рыбоводных методик, методики кормления и уменьшения количества отходов кормов;
- провести мелиоративные мероприятия.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования по оценке экологического состояния Ермаковского залива Усть-Каменогорского водохранилища в районе функционирования рыбоводного садкового хозяйства показали, что данное хозяйство негативно влияет на экологическое состояние поверхностных вод и донных отложений открытого природного

водоема. По показателям развития зоопланктона поверхностные воды изменили свой экологический статус незначительно и в целом соответствуют категории «чистые» и «умеренно загрязненные». В большей степени наблюдается локальная деградация сообществ макрозообентоса. В 2019–2021 гг. загрязнение донных отложений шло по нарастающей. В садковой зоне и ниже залива Ермаковский значения олигохетного индекса увеличились до значений, соответствующих категориям «загрязненные» и «грязные».

Технология садкового рыбоводства проста и эффективна. Внутри самой технологии возможностей развития с целью снижения воздействия на окружающую среду существует немного. В связи с этим неизмеримо возрастает роль правильного выбора места размещения рыбоводных хозяйств, соответствие планируемых объемов производства товарной рыбы гидрологическим параметрам водоема и точного соблюдения технологии выращивания рыбы, включая кормление, очистку воды и пр.

Список источников

1. Рыжков Л. П. Аквакультура в бассейне Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: материалы XI Всерос. конф. с междунар. участием. СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 2010. С. 153–154.
2. Митрофанов В. П. К систематике ленка из озера Марка-Куль // Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии. Алма-Ата: Изд-во Ин-та зоологии АН КазССР, 1959. Вып. 2. С. 267–275.
3. Абакумов В. А. Закономерности изменения водных биогеоценозов под воздействием антропогенных факторов // Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Т. 2. С. 262–273.
4. Шарпова Л. И., Фаломеева А. П. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос). Алматы, 2006. 27 с.

5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
6. Андроникова И. Н. Использование структурно-функциональных показателей зоопланктона в системе мониторинга // Гидробиологические исследования морских и пресных вод. Л., 1988. С. 47–53.
7. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
8. Гелдыева Г. В., Веселова Л. К., Егорова Н. Д. и др. Природные условия и естественные ресурсы Восточного Казахстана / отв. ред. Г. А. Токмагамбетов. Алма-Ата: Наука, 1978. 190 с.
9. Оуэнс М. Биогенные элементы, их источники и роль в речных системах // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 54–64.

References

1. Ryzhkov L. P. Akvakul'tura v basseine Belogo moria [Aquaculture in White Sea basin]. *Problemy izucheniia, ratsional'nogo ispol'zovaniia i okhrany prirodnykh resursov Belogo moria: materialy XI Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Saint-Petersburg, Izd-vo ZIN RAN, 2010. Pp. 153-154.
2. Mitrofanov V. P. K sistematike lenka iz ozera Marka-Kul' [On taxonomy of lenok from Lake Marka-Kul]. *Sbornik rabot po ikhtiologii i gidrobiologii*. Alma-Ata, Izd-vo In-ta zoologii AN KazSSR, 1959. Iss. 2. Pp. 267-275.
3. Abakumov V. A. Zakonomernosti izmeneniia vodnykh biogeotsenozov pod vozddeistviem antropogennykh faktorov [Patterns of changes in aquatic biogeocenoses influenced by anthropogenic factors]. *Kompleksnyi global'nyi monitoring Mirovogo okeana*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1985. Vol. 2. Pp. 262-273.

4. Sharapova L. I., Falomeeva A. P. *Metodicheskoe posobie pri gidrobiologicheskikh rybokhoziaistvennykh issledovaniiaakh vodoemov Kazakhstana (plankton, zoobentos)* [Methodical manual for hydrobiological fishery studies of water bodies of Kazakhstan (plankton, zoobenthos)]. Almaty, 2006. 27 p.
5. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1992. 318 p.
6. Andronikova I. N. Ispol'zovanie strukturfunktsional'nykh pokazatelei zooplanktona v sisteme monitoringa [Using structural and functional indicators of zooplankton in monitoring system]. *Gidrobiologicheskie issledovaniia morskikh i presnykh vod*. Leningrad, 1988. Pp. 47-53.
7. Bakanov A. I. Ispol'zovanie zoobentosa dlia monitoringa presnovodnykh vodoemov (obzor) [Using zooben-

thos for monitoring freshwater reservoirs (review)]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2000, no. 1, pp. 68-82.

8. Geldyeva G. V., Veselova L. K., Egorova N. D. i dr. *Prirodnye usloviia i estestvennye resursy Vostochnogo Kazakhstana* [Natural conditions and natural resources of East Kazakhstan]. *Otvetstvennyi redaktor G. A. Tokmagambetov*. Alma-Ata, Nauka Publ., 1978. 190 p.

9. Ouens M. Biogennye elementy, ikh istochniki i rol' v rechnykh sistemakh [Biogenic elements, their sources and role in river systems]. *Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazateliam*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977. Pp. 54-64.

Статья поступила в редакцию 14.04.2022; одобрена после рецензирования 02.06.2022; принята к публикации 16.06.2022
The article is submitted 14.04.2022; approved after reviewing 02.06.2022; accepted for publication 16.06.2022

Информация об авторах / Information about the authors

Людмила Борисовна Кушникова – кандидат географических наук; ведущий научный сотрудник; Алтайский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»; lbk249157@mail.ru

Алена Александровна Мухрамова – главный ученый секретарь; ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»; mukhramova@fishrpc.kz

Бауржан Саветович Аубакиров – директор; Алтайский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»; baur4320@mail.ru

Данил Александрович Костюченко – исполняющий обязанности младшего научного сотрудника; Алтайский филиал ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»; danya-99.99@mail.ru

Арайлым Усеновна Умиртаева – научный сотрудник; ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»; arailym.usen7@mail.ru

Lyudmila B. Kushnikova – Candidat of Geographical Sciences; Leading Researcher; Altai branch of Fisheries Research and Production Center, LLP; lbk249157@mail.ru

Alyona A. Mukhramova – Chief Academic Secretary; Fisheries Research and Production Center, LLP; mukhramova@fishrpc.kz

Baurzhan S. Aubakirov – Director; Altai branch of Fisheries Research and Production Center, LLP; baur4320@mail.ru

Daniel A. Kostyuchenko – Acting Junior Researcher; Altai branch of Fisheries Research and Production Center, LLP; danya-99.99@mail.ru

Arailym U. Umirtayeva – Researcher; Fisheries Research and Production Center, LLP; arailym.usen7@mail.ru

