

УДК 597.58.(574.3)+639.2.052.2

<sup>1</sup>Е.Г. Крупа\*, <sup>2</sup>Н.Н. Садырбаева, <sup>2</sup>Л.П. Пономарева,  
<sup>2</sup>А.Н. Анурьева, <sup>2</sup>С.Ж. Асылбекова

<sup>1</sup>РГП «Институт зоологии» МОН РК, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: elena\_krupa@mail.ru

### **Многолетняя изменчивость фитопланктона, зоопланктона и макрозообентоса оз. Балхаш в зависимости от глобальных климатических факторов**

Многолетняя изменчивость количественных показателей фитопланктона, зоопланктона и макрозообентоса оз. Балхаш в различной степени согласована с флуктуацией глобальных климатических индексов (Глобальная dT, САК, АЛПИ). Связь с Глобальной dT, имеющей линейный повышающийся тренд, и с индексами САК и АЛПИ, изменяющимися циклично, отражают двойственный характер изменчивости анализируемых показателей. Преимущественно биотическими взаимодействиями объясняются резкое увеличение биомассы макрозообентоса в последние десятилетия и одновременное резкое сокращение биомассы фитопланктона. Влияние глобальных климатических показателей на межгодовую изменчивость биотических сообществ оз. Балхаш происходит через изменения региональных абиотических факторов.

**Ключевые слова:** озеро Балхаш, фитопланктон, зоопланктон, макрозообентос, климатические индексы.

Е.Г. Крупа, Н.Н. Садырбаева, Л.П. Пономарева, А.Н. Анурьева, С.Ж. Асылбекова

#### **Фитопланктонның көпжылдық айнығыштығы,**

**зоопланктонның және макрозообентостың Балқаш тәуелділікте ғаламдық климаттық факторлардан**

Балқаш көлінің фитопланктон, зоопланктон және макрозообентостарының сандық мөлшері көрсеткіштерінің көпжылдық өзгерісі әртүрлі дәрежедегі ғаламдық климаттық индексі флуктуациясына сәйкес (Ғаламдық dT, САК, АЛПИ). Ғаламдық dT байланысты сызықтық жоғарылататын тренді бар, және циклдік құбылатын САК және АЛПИ индектерімен, талданған көрсеткіштердің өзгергіштігінің екі түрлі сипатын көрсетеді. Соңғы онжылдықта макрозообентос биомассасының бірден көбеюі және фитопланктон биомассасының дәл осы уақытта қысқаруы өзара битикалық басымдылығымен түсіндіріледі. Ғаламдық климаттық көрсеткіштер абиотикалық факторлардың аймақтық өзгеруі арқылы Балқаш көлінің жылралалық биотикалық қауымдастығының өзгеруіне әсер етеді.

**Түйін сөздер:** зоопланктон, фитопланктон, зоопланктон, макрозообентос, Балқаш, климаттық индексі.

E.G. Krupa, N.N. Sadyrbaeva, L.P. Ponomareva, A.N. Anur'eva, S.Zh. Asylbekova

#### **Long-term variability of phytoplankton, zooplankton and macrozoobenthos of Balkhash Lake depending on global climate factors**

Long-term variability of quantitative indices of a phytoplankton, zooplankton and macrozoobenthos of Balkhash Lake in various degree depends on fluctuation of global climatic indexes (Global dT, NAO, ALPI). The connection with the Global dT having a linear raising trend, and with the NAO and ALPI indexes changing cyclically, reflect dual nature of variability of analyzed indicators. By mainly biotic interactions are explained sharp increase in macrozoobenthos biomass in the last decades and simultaneous sharp reduction of phytoplankton biomass. Influence of global climatic indexes on interannual variability of biotic communities of the Balkhash Lake happens through changes of regional abiotic factors.

**Key words:** phytoplankton, zooplankton and macrozoobenthos, Balkhash Lake, climatic indexes.

Происходящие изменения климата оказывают всестороннее влияние на океанические, морские и пресноводные экосистемы. Для характе-

ристики долгопериодных изменений климата используются климатические индексы, являющиеся интегральной характеристикой погодных

условий в масштабах Земли, полушария или отдельного региона.

Индекс Алеутской зоны низкого атмосферного давления (АЛПИ) отражает долговременные изменения площади зоны пониженного атмосферного давления в северной Пацифике. Ведущим фактором погоды и изменчивости климата Северного полушария является Северо-Атлантическое колебание САК [1]. САК оказывает влияние на температуру поверхностных слоев воды, направление ветра, интенсивность штормов, увлажнение над Атлантикой и прилегающими континентами [2], а также структуру гидроценозов [3-4].

Озерные экосистемы ввиду своих сравнительно небольших размеров особенно чувствительны к изменению климата [5]. Однако уловить это влияние является достаточно сложной задачей по нескольким причинам. Первая из них – отсутствие долговременных рядов наблюдений для многих озер. Вторая связана с тем, что акватории даже крупных озер существенно меньше океанических или морских акваторий, а связь с климатическими факторами для локальных популяций животных проявляется не всегда [6].

Бессточное озеро Балхаш является одним из главных рыбопромысловых водоемов Республики Казахстан. Регион находится под влиянием нескольких типов переносов воздушных масс, в том числе западного и восточного. Исследования этого водоема проводятся, начиная с 1929 г. и по настоящее время. Временные серии данных охватывают периоды от 40 до 83 лет. Это позволяет изучить многолетнюю динамику гидроценозов оз. Балхаш в связи с флуктуацией глобальных климатических показателей.

Нами были проанализированы многолетние данные по количественным показателям фитопланктона (1971-2012 гг.), зоопланктона (1961-2012 гг.) и макрозообентоса (1963-2012 гг.) в

связи с глобальными климатическими индексами АЛПИ и САК в двух типизациях – значения за год (САК<sup>1</sup>) и за период с декабря по март (САК<sup>2</sup>). Для характеристики долговременных изменений аномалий температуры воздуха в масштабах Земного шара использовали значения Глобальной dT. Данные по климатическим индексам заимствованы с интернет-сайтов [7-9].

Для сглаживания данных применяли скользящее осреднение с шагом 5 лет. Значения коэффициентов корреляции находили при уровне значимости  $p < 0,001 \dots 0,05$ . Для выявления основных трендов в многолетней изменчивости абиотических и биотических параметров строили разностно-интегральные (кумулятивные) кривые [10] в модификации [11]. Статистическую обработку данных проводили с помощью программ Excel и Statistica 6.

При скользящем осреднении данных был получен ряд статистически значимых значений коэффициента корреляции (R) между количественными показателями фитопланктона, зоопланктона, макрозообентоса оз. Балхаш и глобальными климатическими индексами (табл. 1).

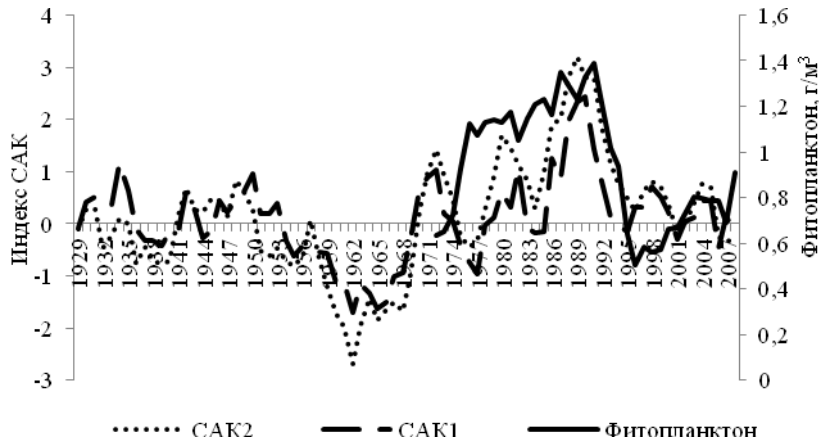
Из всех сообществ фитопланктон демонстрировал наибольшую согласованность с ходом индекса САК<sup>2</sup>, рассчитанного для зимних месяцев (рис.1). Связь динамики биомассы фитопланктона со среднегодовым индексом (САК<sup>1</sup>) была также положительной, но статистически не значимой.

Отрицательная статистически незначимая связь выявлена между динамикой биомассы фитопланктона и индексом АЛПИ, а также аномалиями глобальной температуры воздуха. В течение примерно 7 лет (1976-1983 гг.) динамика биомассы фитопланктона была синфазна индексу АЛПИ (рис. 2, А), в последующие годы – противофазна. При положительном температурном тренде глобальной dT, биомасса фитопланктона оз. Балхаш была существенно выше в

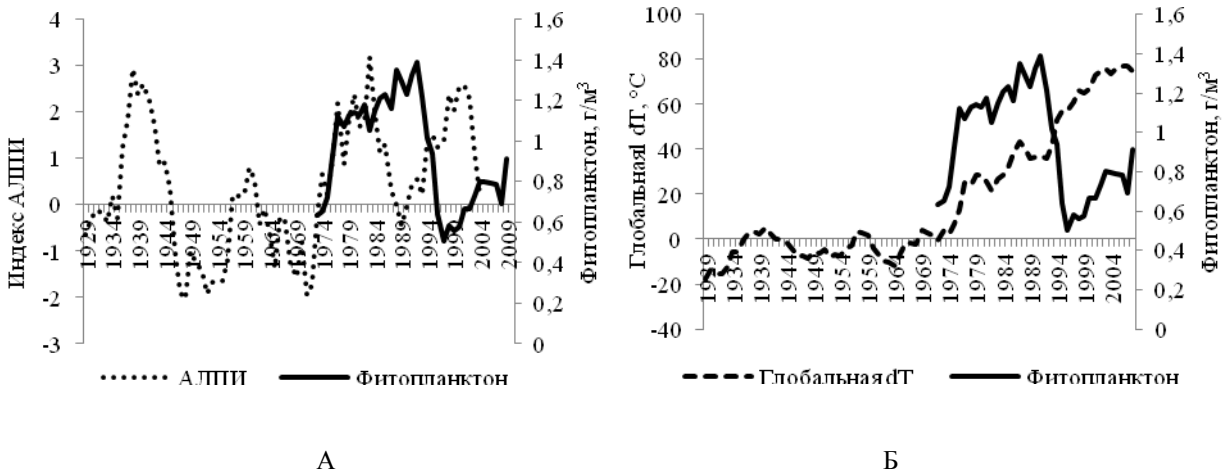
**Таблица 1** – Ранговые коэффициенты корреляции (R) между количественными показателями гидроценозов оз. Балхаш и глобальными климатическими индексами

Сообщество	Период	САК <sup>1</sup>	САК <sup>2</sup>	АЛПИ	Глобальная dT
фитопланктон, мг/м <sup>3</sup>	1972-2012	0,218	0,540	-0,254	-0,330
зоопланктон, экз/м <sup>3</sup>	1961-2012	0,464	0,348	0,357	0,744
зоопланктон, мг/м <sup>3</sup>	1961-2012	0,455	0,426	0,401	0,780
макрозообентос, мг/м <sup>2</sup>	1963-2012	-0,254	-0,441	0,345	0,565

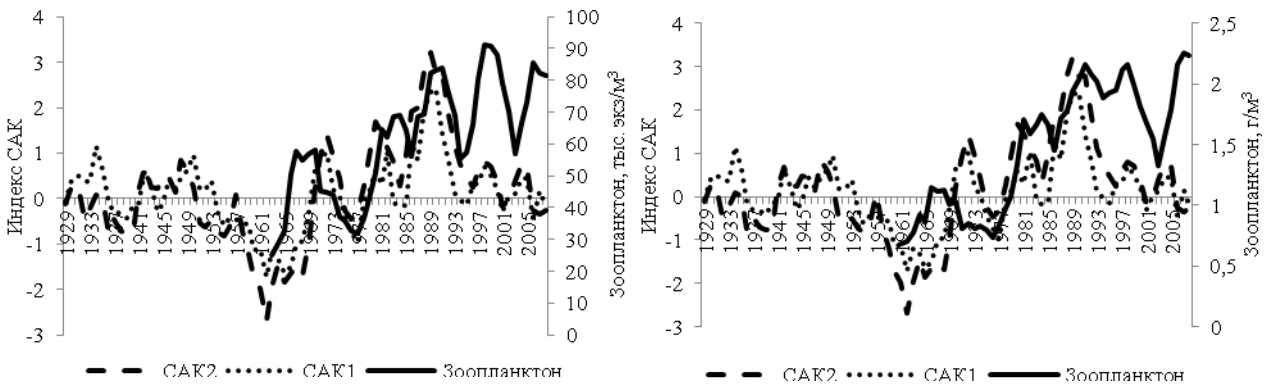
Курсивом выделены статистически значимые значения коэффициента корреляции при  $p < 0,05$ . Скользящее осреднение данных с шагом 5 лет.



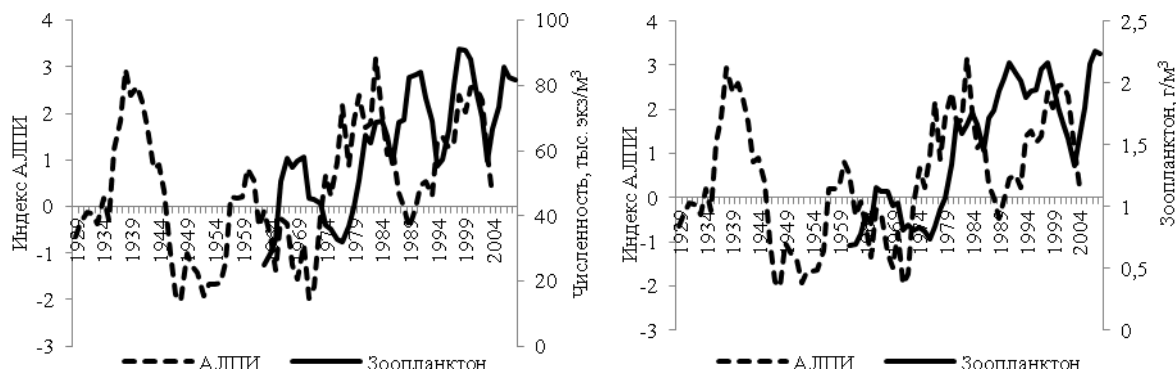
**Рисунок 1** – Многолетняя динамика биомассы фитопланктона оз. Балхаш в зависимости от индекса Северо-Атлантических осцилляций



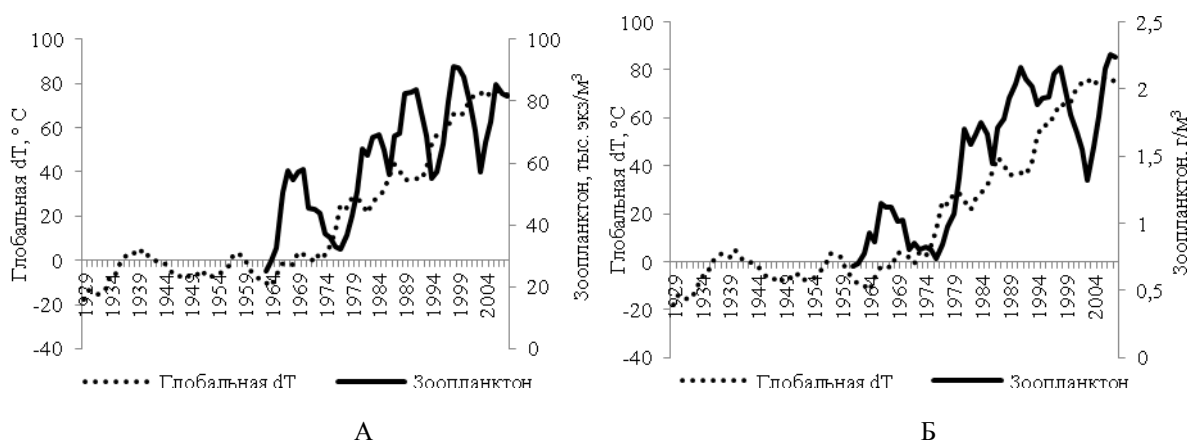
**Рисунок 2** – Многолетняя динамика биомассы фитопланктона оз. Балхаш в зависимости от индексов АЛПИ (А) и Глобальной dT (Б)



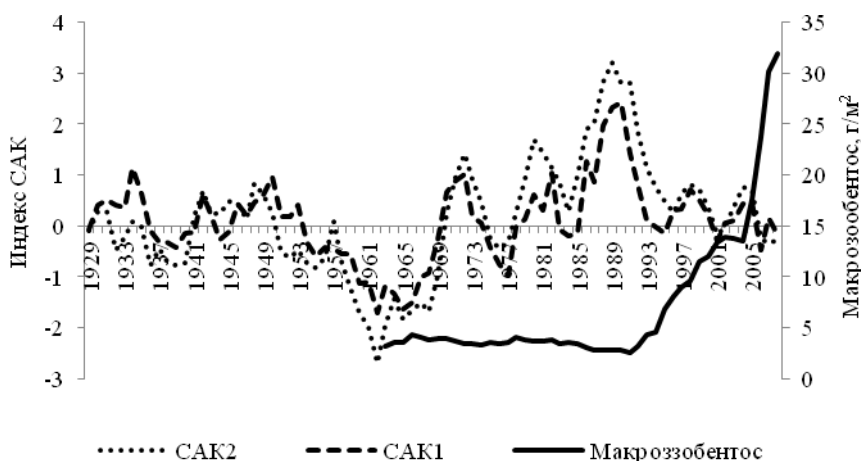
**Рисунок 3** – Многолетняя динамика численности (А) и биомассы (Б) зоопланктона оз. Балхаш в зависимости от индекса Северо-Атлантических осцилляций



**Рисунок 4** – Многолетняя динамика численности (А) и биомассы (Б) зоопланктона оз. Балхаш в зависимости от индекса АЛПИ



**Рисунок 5** – Многолетняя динамика численности (А) и биомассы (Б) зоопланктона оз. Балхаш в зависимости от динамики глобальной dT



**Рисунок 6** – Многолетняя динамика биомассы макрозообентоса оз. Балхаш в зависимости от индекса САК

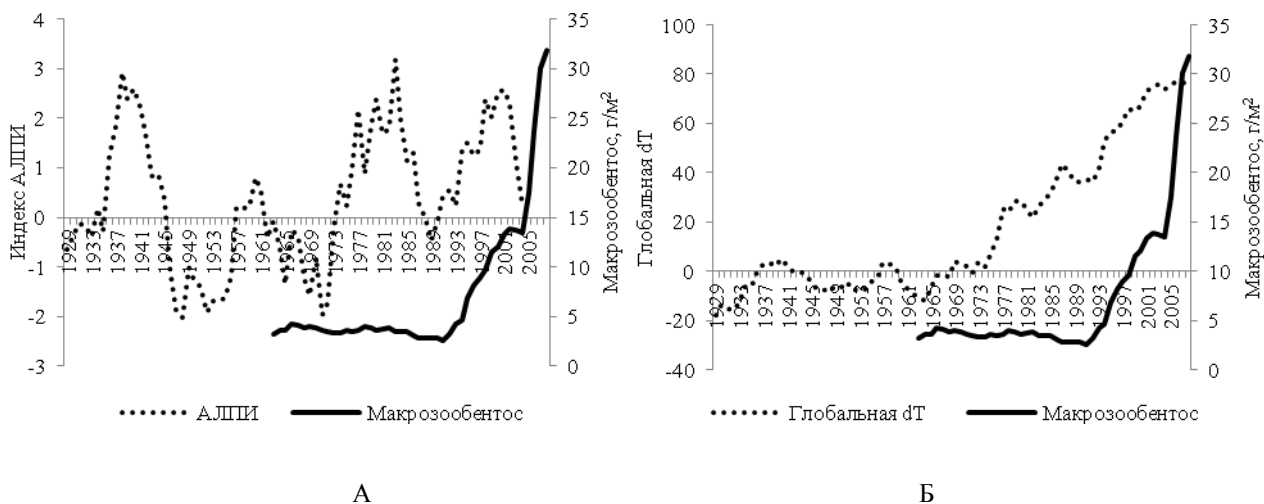


Рисунок 7 – Многолетняя динамика биомассы макрозообентоса оз. Балхаш в зависимости от индекса АЛПИ (А) и Глобальной dT (Б)

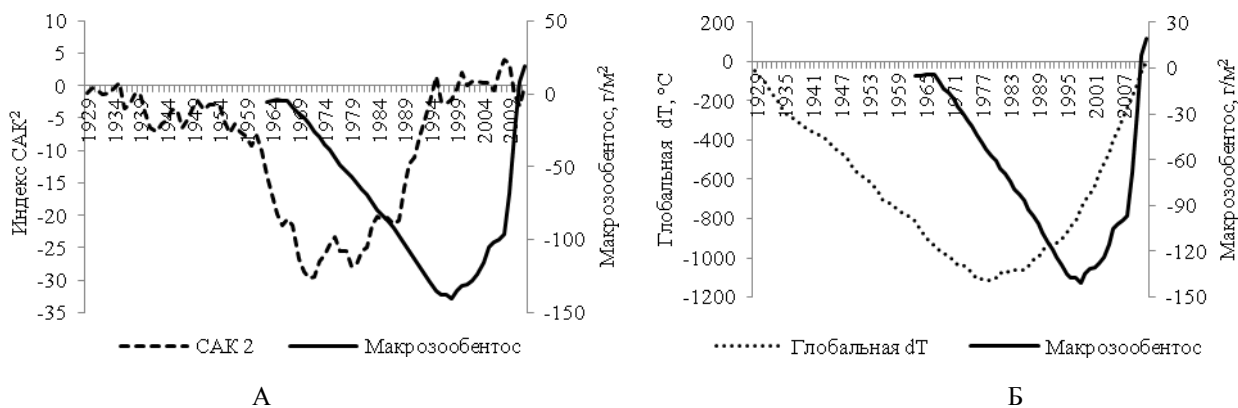


Рисунок 8 – Кумулятивные кривые, демонстрирующие многолетнюю изменчивость биомассы макрозообентоса оз. Балхаш в связи с изменчивостью индекса САК (А) и Глобальной dT (Б). По осям ординат – накопленные отклонения показателей от среднегодовых значений.

период до середины 90-х годов прошлого столетия, чем в последующие десятилетия (рис. 2, Б). Однако в каждом из этих двух периодов (1972-1995 и 1996-2012 гг.) динамика биомассы фитопланктона характеризовалась повышающимся трендом.

В отличие от фитопланктона, динамика зоопланктона (рис. 3) была лучше согласована с индексом САК<sup>1</sup>. Связь количественных показателей зоопланктеноза с индексом АЛПИ была выражена слабее (рис. 4). На различных временных отрезках характер связи менялся с синфазного на противофазный, и наоборот.

Динамика численности и биомассы зоопланктона на протяжении полувека характеризовалась повышающимся трендом, что обусловило высокие значения коэффициента корреляции с ходом кривой глобальных температурных аномалий (Глобальная dT), также имеющей повышающийся тренд (рис. 5). На фоне сравнительно плавного повышения температурной кривой численность и биомасса зоопланктона изменялись циклично с периодом около 8-10 лет.

В отличие от планктонных сообществ, многолетняя динамика макрозообентоса изменялась в противофазе с динамикой индекса САК (рис. 6). В 1961-1996 гг. на фоне выраженных колебаний индекса САК величина биомассы макрозообентоса варьировала незначительно – от 2,6 до 4,3 г/м<sup>2</sup>. В последующие десятилетия (1997-2012 гг.) происходило ежегодное, практически линейное увеличение биомассы донных беспозвоночных.

Связь многолетней динамики макрозообентоса со среднегодовыми значениями индекса АЛПИ (рис. 7 А) была статистически незначимой.

Связь многолетней динамики макрозообентоса со среднегодовыми значениями индекса АЛПИ (рис. 7 А) была статистически незначимой.

мой. Выявлена положительная статистически значимая связь между межгодовой изменчивостью донного сообщества и глобальными аномалиями температуры (рис. 7 Б). Следует отметить, что на фоне повышающегося температурного тренда биомасса донных беспозвоночных стала увеличиваться лишь с конца 90-х годов прошлого столетия.

Таким образом, биотические сообщества оз. Балхаш демонстрировали в различной степени согласованность с многолетней динамикой глобальных климатических индексов. Ранее было установлено влияние глобальных климатических индексов на количественные показатели и структуру фитопланктона и зоопланктона океанических систем [12-15].

В многолетней динамике фитопланктона оз. Балхаш выделяются два временных интервала – 1972-1995 гг. и 1996-2012 гг. Они разделены по резкому снижению суммарной биомассы растительных клеток на стыке этих интервалов. Среднегодовая биомасса фитопланктона за первые два десятилетия составила  $1,09 \pm 0,09$  г/м<sup>3</sup>. В последующие годы величина показателя снизилась до  $0,73 \pm 0,09$  г/м<sup>3</sup>. Нами было показано, что контролирующее влияние на фитопланктон оказывал двустворчатый моллюск *Monodacna colorata* [11]. Доля этого фильтратора в суммарной биомассе макрозообентоса стала возрастать, начиная с 1996 г., при одновременном снижении биомассы растительных клеток.

Межгодовая динамика фитопланктона и зоопланктона имела одинаковую направленность, со сдвигом в изменчивости показателей одного сообщества относительно другого на 6 лет. Это свидетельствовало, с одной стороны, о слабом контролирующем влиянии зоопланктона на фитопланктон, с другой стороны, о наличии общего внешнего влияющего фактора. Синфазность циклической изменчивости планктонных сообществ с индексом САК позволяет предположить неслучайный характер связи. Аналогичная по характеру положительная связь нами была отмечена между индексом САК и зоопланктоном Аральского моря [4].

Многолетняя динамика биомассы макрозообентоса коррелировала с ходом глобальной dT, характеризующейся повышающимся трендом, и была противофазна динамике САК<sup>2</sup>. При сравнении хода кумулятивных кривых (рис. 8) видно, что задержка ответной реакции донного сообщ-

ества на изменчивость климатических показателей составляет около 20 лет. Очевидно, резкое увеличение биомассы донного сообщества в последние десятилетия обусловлено другими факторами. К ним можно отнести изменения структуры ихтиоценоза – снижение доли старшевозрастных особей в популяциях бентосоядных рыб [16]. Таким образом, влияние климатических факторов на многолетнюю динамику донного сообщества, и отчасти, фитопланктона, в сильной степени завуалировано биотическими взаимодействиями.

Наличие повышающихся трендов в динамике всех трех сообществ (если рассматривать для фитопланктона периоды 1972-1995 и 1996-2012 гг. отдельно) оз. Балхаш, очевидно, можно связать с происходящим потеплением климата. Определенную роль в динамике количественных показателей гидроценозов сыграло зарегулирование стока р. Или. Именно после сооружения Капшагайского водохранилища структура гидроценозов оз. Балхаш стала изменяться.

Влияние глобальных флуктуаций климата на биоту оз. Балхаш проявляется, в первую очередь, через изменения региональных абиотических факторов. В условиях аридного климата одним из важнейших факторов является динамика гидролого-гидрохимического режима оз. Балхаш.

Циклические колебания уровня оз. Балхаш в связи с изменчивостью общей увлажненности территории бассейна были показаны еще А.В. Шнитниковым [17]. Вопреки прогнозам, на фоне циклических колебаний динамика уровня оз. Балхаш за период 1929-2012 гг. характеризовалась слабо выраженным повышающимся трендом. Следует также подчеркнуть, что очередной цикл повышения уровня озера, начавшийся в конце прошлого столетия, происходил на фоне быстрого повышения глобальной и более медленного повышения региональной температуры воздуха [11]. При отсутствии корреляции за весь анализируемый период (1929-2012 гг.), связь между уровнем оз. Балхаш и ходом Глобальной dT за последние десятилетия (1985-2012 гг.) была положительной и статистически значимой ( $R=0,785$ ,  $p<0,05$ ). Это свидетельствует о том, что температура воздуха в современных климатических условиях не является фактором, определяющим долговременные тенденции изменения уровня оз. Балхаш.

Многолетняя циклическая изменчивость уровня оз. Балхаш определялась в значительной степени флуктуациями индекса САК ( $R=-0,588$ ,  $p<0,05$ ), также изменяющимся циклично. В Европе положительные значения САК приводят к усилению западных ветров, приносящих потепление и осадки, более прохладное лето и мягкую зиму [1]. Механизм влияния САК на уровень внутриконтинентального оз. Балхаш, очевидно, более сложный. Связь количества осадков по м. Балхаш с индексом САК носила противоречивый характер. Примерно в 50% случаев повышение суммарного количества осадков, выпавших на акваторию озера, происходило в периоды снижения индекса САК<sup>1</sup> ( $R=-0,540$ ,  $p<0,05$ ), т.е., в отличие от Европы, в более холодные годы. В эти же более холодные годы (САК<sup>2</sup>) увеличивался приток поверхностных вод в озеро ( $R=-0,566$ ,  $p<0,05$ ). Наши результаты соответствуют данным Л.Б. Кляшторина и А.А. Любушина [6]. На основе анализа связи между объемом озера Балхаш и динамикой Индекса Атмосферной циркуляции был сделан вывод, что увеличение объема озера Балхаш происходят в периоды похолодания, приходящиеся на эпоху увеличения меридиональной составляющей индекса.

Динамика уровня оз. Балхаш, являясь интегральной характеристикой флуктуаций климатических условий региона, в свою очередь, в значительной степени определяла многолетнюю динамику биологических сообществ. Отрицательная связь между уровнем воды оз. Балхаш и биомассой планктонных сообществ обусловлена [11], на наш взгляд, динамикой биогенных элементов. В силу климатических особенностей для водоемов Казахстана характерны низкие концентрации биогенных элементов [18]. Нами было показано, что если количество биогенных элементов, накопленных в водоеме, меньше, чем поступает с территории водосбора, между уровнем равнинных озер и количественными показателями зоопланктона отмечается прямая зависимость [19]. Для водоемов с ледниковым

питанием эта зависимость обратная, так как в многоводные годы происходит разбавление озерной воды речными водами, бедными питательными соединениями. Очевидно, это справедливо и для озера Балхаш с ледниковым питанием впадающих в него рек. Подтверждением этому является статистически значимая отрицательная корреляционная зависимость между объемом ледникового стока рек и биомассой фитопланктона и зоопланктона [11]. К не учтенному фактору можно отнести потребление рыбами фитопланктона и зоопланктона. В многоводные годы создаются более благоприятные условия для нереста и последующего нагула рыб, что оказывает контролирующее влияние на планктон.

Следует также остановиться на положительной связи между биомассой планктонных сообществ и минерализацией воды оз. Балхаш. Влияние этого фактора на биоту разнонаправлено. Повышение биомассы зоопланктона при росте минерализации воды обусловлено усилением доминирования эвригалинной копеподы *Arctodiaptomus salinus* [20], имеющей более крупные, по сравнению с другими видами, размеры тела. Однако в восточной наиболее минерализованной части озера Балхаш повышение средней для озера минерализации воды ведет к сдвигу соотношения ионов  $K^+/Na^+$  в неблагоприятную сторону даже для эвригалинных видов [21]. Наиболее заметное снижение биомассы зоопланктона в восточной, минерализованной части озера (а за счет этого и для всего озера) происходило при повышении средней для озера минерализации воды свыше  $2,9$  г/дм<sup>3</sup>. Можно предполагать, что при достижении порогового значения фактора характер связи между минерализацией воды и количественными показателями планктонных сообществ изменится.

*Работа поддержана «Грантовым финансированием научных исследований» Комитета Науки Республики Казахстан, грант № 0732/ГФ2.*

## Литература

- 1 Hurrell J.W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation // Science. – 1995. – Vol. 269. – Pp. 676–679.
- 2 Hurrell J.W., Deser C. North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation // J. of Marine Systems. – 2009. – Vol. 78. – Pp. 28–41.
- 3 Zhai L., Platt T., Tang Ch., Sathyendranath Sh., Walneq A. The response of phytoplankton to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation // Deep Sea Research Part 2: Tropical Studies in Oceanography. – 2013. – Vol. 93. – Pp. 159–168.

- 4 Piontkovski S., O' Brien T., Umani S., Krupa E., Stuge T., Balymbetov K., Grishaeva O., Kasymov A. Zooplankton and the North Atlantic Oscillation: a basin-scale analysis // *J. of Plankton research*. – 2006. – Vol. 28 (10). – Pp. 1–8.
- 5 Wang X., Gong P., Zhao Y., Xu Y., Cheng X., Niu Zh., Luo Zh., Huang H., Sun F., Li X. Water-level changes in China's large lakes determined from ICESat/GLAS data // *Remote Sensing of Environment*. – 2013. – Vol. 132. – Pp.131–144.
- 6 Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивность. – Москва: ВНИРО, 2005. – 235 с.
- 7 [www.pac.dfo-mpo.gc.ca/science/species-especies/climatology-ie/cori-irco/indices/ALPI.txt](http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/science/species-especies/climatology-ie/cori-irco/indices/ALPI.txt)
- 8 [climatedataguide.ucar.edu/guidance/hurrell-north-atlantic-oscillation-CAK-index-station-based](http://climatedataguide.ucar.edu/guidance/hurrell-north-atlantic-oscillation-CAK-index-station-based)
- 9 [www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/)
- 10 Решетько М.В., Шварцева Н.М. Основы климатологии и гидрологии. Методические указания. – Томск, 2010. – 39 с.
- 11 Крупа Е.Г., Цой В.Н., Лопарева Т.Я., Пономарёва Л.П., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н., Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б. Многолетняя динамика гидробионтов озера Балхаш и ее связь с факторами среды // *Вестн. Астраханского гос. техн. университета. Сер. рыбное хозяйство*. – 2013. – №2. – С. 85–96.
- 12 Piontkovski S.A., Hameed S. Zooplankton-climate linkages in different geographical regions // *Морський екологічний журнал*. – 2004. – Vol. 4 (3). – Pp. 24-34.
- 13 Mackas D.L., Tsuda A. Mesozooplankton in the eastern and western subarctic Pacific: community structure, seasonal life histories, and interannual variability // *Progress in Oceanography*. – 1999. – Vol. 43. – Pp. 335-363.
- 14 Shugimoto T., Tadokoro K. Interannual-interdecadal variations in zooplankton biomass, chlorophyll concentration and physical environment in the subarctic Pacific and Bering Sea // *Fish. Oceanography*. – 1997. – Vol. 6(2). – Pp.74-93.
- 15 Barton A.D., Greene C.H., Monger C.H., Pershing A.J. The Continuous Plankton Recorder survey and the North Atlantic Oscillation: Interannual- to Multidecadal-scale patterns of phytoplankton variability in the North Atlantic Ocean // *Progress in Oceanography*. – 2003. – Vol. 58(2-4). – Pp. 337–358.
- 16 Садырбаева Н.Н. Сазан озера Балхаш // *Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов*. – Махачкала, 2013. – С. 121-123.
- 17 Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. – Ленинград: Наука, 1969. – 246 с.
- 18 Николаенко В.А. Гидрохимический режим и качество воды водохранилищ Средней Азии // *Гидробиологический журнал*. – 1989. – 25 (1). – С. 78–83.
- 19 Крупа Е.Г. Зоопланктон лимнических и лотических экосистем Казахстана. Структура, закономерности формирования. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 346 с.
- 20 Крупа Е.Г., Стуге Т.С. Таксономическое разнообразие и количественное развитие микроракообразных озера Балхаш // *Aqua Zoological Research*. – 2008. – №4. – С. 45–56.
- 21 Крупа Е.Г., Стуге Т.С., Лопарева Т.Я., Шаухарбаева Д.С. Distribution of Planktonic Crustaceans in Lake Balkhash in Relation to Environmental Factors // *J. Inland Water Biology*. – 2008. – Vol. 1(2). – Pp. 150–157.

## Reference

- 1 Hurrell J.W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation // *Science*. – 1995. – Vol. 269. – Pp. 676–679.
- 2 Hurrell J.W., Deser C. North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation // *J. of Marine Systems*. – 2009. – Vol. 78. – Pp. 28–41.
- 3 Zhai L., Platt T., Tang Ch., Sathyendranath Sh., Walnec A. The response of phytoplankton to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation // *Deep Sea Research Part 2: Tropical Studies in Oceanography*. – 2013. – Vol. 93. – Pp. 159–168.
- 4 Piontkovski S., O' Brien T., Umani S., Krupa E., Stuge T., Balymbetov K., Grishaeva O., Kasymov A. Zooplankton and the North Atlantic Oscillation: a basin-scale analysis // *J. of Plankton research*. – 2006. – Vol. 28 (10). – Pp. 1–8.
- 5 Wang X., Gong P., Zhao Y., Xu Y., Cheng X., Niu Zh., Luo Zh., Huang H., Sun F., Li X. Water-level changes in China's large lakes determined from ICESat/GLAS data // *Remote Sensing of Environment*. – 2013. – Vol. 132. – Pp.131–144.
- 6 Кляшторин Л.Б., Лjubushin А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивность. – Москва: ВНИРО, 2005. – 235 с.
- 7 [www.pac.dfo-mpo.gc.ca/science/species-especies/climatology-ie/cori-irco/indices/ALPI.txt](http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/science/species-especies/climatology-ie/cori-irco/indices/ALPI.txt)
- 8 [climatedataguide.ucar.edu/guidance/hurrell-north-atlantic-oscillation-CAK-index-station-based](http://climatedataguide.ucar.edu/guidance/hurrell-north-atlantic-oscillation-CAK-index-station-based)
- 9 [www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/)
- 10 Reshet'ko M.V., Shvarceva N.M. Osnovy klimatologii i gidrologii. Metodicheskie ukazaniya. – Tomsk, 2010. – 39 s.
- 11 Крупа Е.Г., Цой В.Н., Лопарева Т.Я., Пономарёва Л.П., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н., Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б. Многолетняя динамика гидробионтов озера Балхаш и ее связь с факторами среды // *Вестн. Астраханского гос. техн. университета. Сер. рыбное хозяйство*. – 2013. – №2. – С. 85–96.
- 12 Piontkovski S.A., Hameed S. Zooplankton-climate linkages in different geographical regions // *Морський екологічний журнал*. – 2004. – Vol. 4 (3). – Pp. 24-34.
- 13 Mackas D.L., Tsuda A. Mesozooplankton in the eastern and western subarctic Pacific: community structure, seasonal life histories, and interannual variability // *Progress in Oceanography*. – 1999. – Vol. 43. – Pp. 335-363.
- 14 Shugimoto T., Tadokoro K. Interannual-interdecadal variations in zooplankton biomass, chlorophyll concentration and physical environment in the subarctic Pacific and Bering Sea // *Fish. Oceanography*. – 1997. – Vol. 6(2). – Pp.74-93.

- 15 Barton A.D., Greene C.H., Monger C.H., Pershing A.J. The Continuous Plankton Recorder survey and the North Atlantic Oscillation: Interannual- to Multidecadal-scale patterns of phytoplankton variability in the North Atlantic Ocean // *Progress in Oceanography*. – 2003. – Vol. 58(2-4). – Pp. 337–358.
- 16 Sadyrbaeva N.N. Sazan озера Balhash // *Bioraznoobrazie i racional'noe ispol'zovanie prirodnih resursov*. – Mahachkala, 2013. – S. 121-123.
- 17 Shnitnikov A.V. Vnutrивekovaja izmenchivost' komponentov obshhej uvlazhnennosti. –Leningrad: Nauka, 1969. – 246 s.
- 18 Nikolaenko V.A. Gidrohimicheskij rezhim i kachestvo vody vodohranilishh Srednej Azii // *Gidrobiologicheskij zhurnal*. – 1989. – 25 (1). – S. 78–83.
- 19 Krupa E.G. Zooplankton limnicheskikh i loticheskikh jekosistem Kazahstana. Struktura, zakonomernosti formirovaniya. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 346 s.
- 20 Krupa E.G., Stuge T.S. Taksonomicheskoe raznoobrazie i kolichestvennoe razvitie mikrorakoobraznyh озера Balhash // *Aqua Zoological Research*. – 2008. – №4. – S. 45–56.
- 21 Krupa E.G., Stuge T.S., Lopareva T.Ya., Shaukharbaeva D.S. Distribution of Planktonic Crustaceans in Lake Balkhash in Relation to Environmental Factors // *J. Inland Water Biology*. – 2008. – Vol. 1(2). – Pp. 150–157.