

УДК 574.523(524)

DOI 10.15853/2072-8212.2017.44.16-30

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМУМЕ НЕРЕСТОВОГО ПРОПУСКА В ОЗЕРО КУРИЛЬСКОЕ В СВЯЗИ С НАПРАВЛЕННОСТЬЮ ЭКОСИСТЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ В НЕМ В ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ

Е.В. Лепская, Т.В. Бонк, В.А. Дубынин



Зав. лаб., к. б. н.; ст. н. с.; вед. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел./факс: (4152) 22-63-54, 41-27-01. E-mail: lepskaya@list.ru

КУРИЛЬСКОЕ ОЗЕРО, НЕРКА, ОПТИМУМ НЕРЕСТОВОГО ПРОПУСКА, КЛИМАТ, ЗООПЛАНКТОН,
ТРОФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НАГУЛА

Проведен комплексный анализ результатов гидрометеонаблюдений в бассейне оз. Курильского (нерестово-нагульный водоем крупнейшего в Азии стада нерки *Oncorhynchus nerka*) и данных гидролого-гидрохимического, гидробиологического и ихтиологического мониторинга за период с 1980 по 2016 гг. Показано, что в бассейне озера происходит потепление, вследствие чего увеличивается количество осадков, возрастают температура и водность рек бассейна, изменяется гидролого-гидрохимический режим самого озера. Это, в свою очередь, вызвало изменение структуры и количественных показателей фито-, микро- и зоопланктона, структуры ихтиоценоза, а также ухудшение трофических условий нагула молоди нерки и снижение массы тела смолтов всех возрастных групп. Обсуждаются способы влияния на кормовую базу молоди нерки через изменение нерестового пропуска и необходимость применения соответствующих мер в условиях потепления.

TO THE ISSUE OF OPTIMAL SPAWNING ESCAPEMENT IN KURILSKOYE LAKE IN VIEW OF INTERNAL DIRECTED ECOSYSTEM PROCESSES IN RECENT DECADE

Ekaterina V. Lepskaya, Tatyana V. Bonk, Vladimir A. Dubynin

Head of lab., Ph. D.; Senior Scientist; Leading Scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel./fax: (4152) 22-63-54, 41-27-01. E-mail: lepskaya@list.ru

KURILSKOYE LAKE, SOCKEYE SALMON, OPTIMAL SPAWNING ESCAPEMENT, CLIMATE, ZOOPLANKTON,
FORAGE BASE CONDITION

A complex analysis of the meteo- and hydrological data in the basin of Kurilskoye Lake (spawning and nursery system for the largest in Asia stock of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*) and of the monitoring data on hydrology, hydrochemistry, hydrobiology and ichthyology for the period from 1980 to 2016 was made. Warming in the basin of the lake has been revealed, resulting in increasing precipitation, temperatures and water content of the rivers within the basin and changes of hydrological and chemical regime of the Lake. The effects, in its turn, evoked structural and quantitative changes in phyto-, micro- and zooplankton, fish community and deterioration of juvenile feeding conditions for sockeye salmon and decreasing body weight of smolts of all ages. Methods to enhance the juvenile sockeye salmon's forage base at the expense of regulation of spawning escapement and the reasons of the approach in terms of global warming are discussed.

С 2000 г. отмечено увеличение подходов озерной нерки и, соответственно, ее берегового вылова. Этот процесс не был плавным, а представлял собой набор осцилляций внутри положительного тренда. Соответственно, пропуск производителей нерки на нерестилища оз. Курильского не был стабильным и имел значительные колебания относительно оптимума в 1,5 млн экз. Так продолжалось до 2008 г., начиная с которого нерестовый пропуск стабилизировался в пределах оптимума (рис. 1).

В условиях стабильного пропуска, соответствующего оптимуму до 2014 г., масса покатной молоди возраста 2+ была в среднем на 2,4 г выше

среднемноголетней (рис. 2А). Одновременно с этим трофические условия нагула молоди, которые определяются биомассой планктонных ракообразных (далее зоопланктон), держались в пределах пороговой величины в 70 мг/м³ (рис. 2Б). С 2014 г. отмечено резкое уменьшение (на 2 г) массы покатников возраста 2+ вместе с таким же резким уменьшением величины биомассы зоопланктона до крайне низких значений, характерных для холодных 1990-х годов (рис. 2).

Наблюдаемые процессы требуют анализа ситуации, сложившейся в настоящее время в главном нерестово-нагульном водоеме нерки на Камчатке. Это тем более актуально в свете наметившегося с

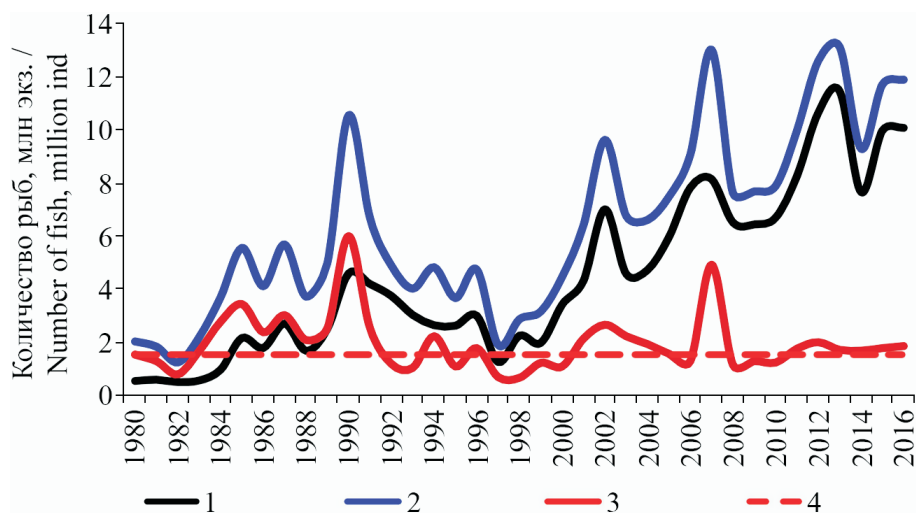


Рис. 1. Динамика численности зрелой части стада (2), берегового вылова (1), нерестового пропуска (3) и величины нерестового оптимума озёрной нерки в 1980–2016 гг. (4)

Fig. 1. The dynamics of the abundance of sockeye salmon mature stock (2), coastal catches (1), adult escapement (3) and optimal spawning stock in the Ozernaya in 1980–2016 (4)

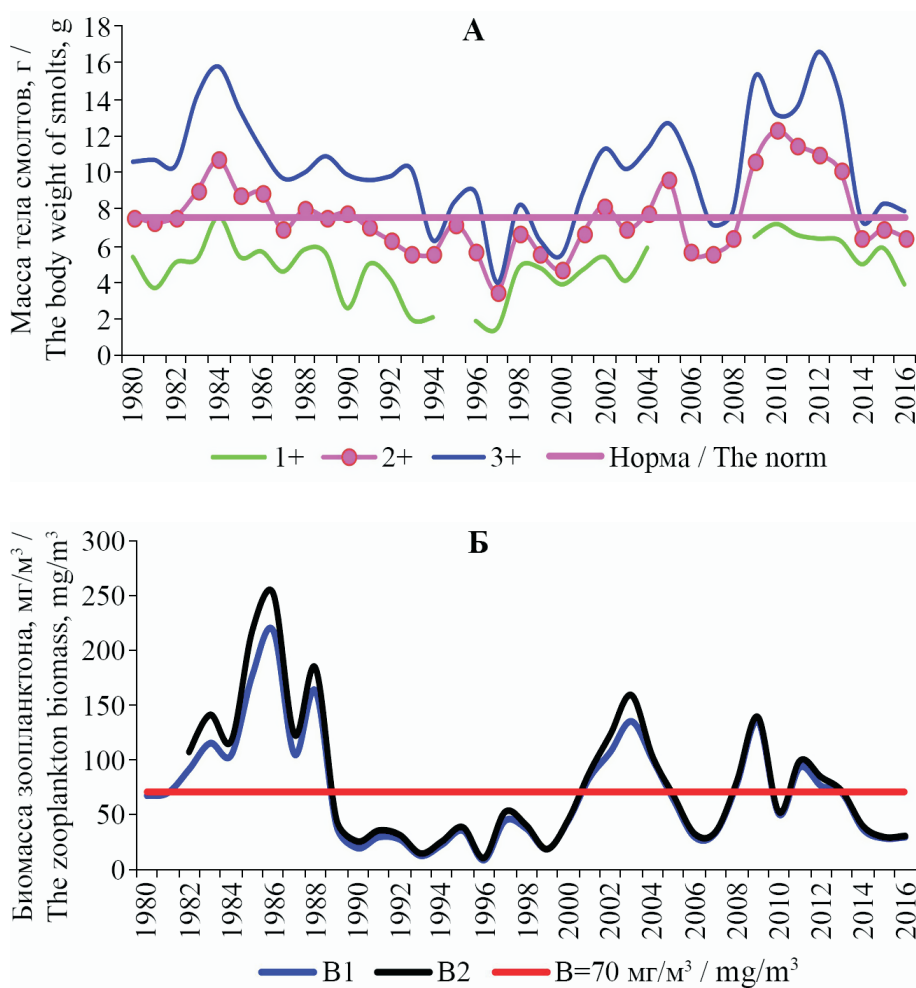


Рис. 2. Масса тела разновозрастных смолтов озёрной нерки (А) и биомассы зоопланктона (Б) (на рис. 2Б B1 — сумма биомасс копепоид I–VI копепоидитных стадий и дафний; B2 — сумма биомасс копепоид, включая науплиусов и дафний)

Fig. 2. The body weight of sockeye salmon smolts of different ages in the Ozernaya (A) and the zooplankton biomass (Б) (in the figure 2Б B1 — the summary biomass of copepodes of the stages I–VI and daphnias; B2 — the summary biomass of copepods, including naupla and daphnias)

2014 г. процесса снижения численности озерной нерки.

Цель настоящего сообщения заключается в анализе направленности экосистемных процессов в оз. Курильском для понимания причин ухудшения трофических условий нагула молоди нерки (снижения биомассы зоопланктона) и рассмотрении возможности и необходимости пересмотра величины оптимального нерестового пропуска как способа восстановления кормовой базы молоди нерки.

Факторы, регулирующие биомассу зоопланктона. Зоопланктон как кормовой ресурс молоди нерки в оз. Курильском формируют два вида ракообразных: копепода *Cyclops scutifer* и кладоцера *Daphnia longiremis*. Трофическая ценность этих видов неодинакова. Циклопы калорийнее (Акулин, 1968) и содержат больше незаменимых полиненасыщенных жирных кислот группы $\omega 3$ (Ballantyne et al., 2003; Gladyshev et al., 2011), уровень потребления которых влияет не только на размерный разброс смолтов нерки, но и на их физиологическое качество (Ballantyne et al., 2003).

Величина биомассы планктонных ракообразных (далее — зоопланктона) регулируется комплексом факторов как «сверху», так и «снизу». К первой группе факторов относится потребление планктона молодь нерки. К группе последних — температура воды и условия питания. Температура воды зависит от климатической обстановки в бассейне озера, а условия питания для зоопланктонных организмов формирует фитопланктон. В свою очередь, на видовую структуру и биомассу фитопланктона влияет биогенная нагрузка: прежде всего, концентрации фосфора и кремния, и в меньшей степени — температура воды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для выявления тенденций экосистемных процессов в озере и взаимосвязей между вышеперечисленными элементами экосистемы рассмотрен период с 1980 г. по 2016 г., когда в мониторинге был реализован экосистемный подход. Наряду с продолжающимся изучением зоопланктона и накоплением данных по температуре воды в озере с 1980 г., начались систематические гидрометеорологические наблюдения в бассейне оз. Курильского, гидрохимический мониторинг и исследования фито- и микропланктона.

В работе использованы следующие исходные данные: 1) гидрометеонаблюдения в бассейне

оз. Курильского (~500 000); 2) температура воды в озере в слое 0–100 м (>500 измерений); 3) биогенный фон озера (>5000 для каждого биогенного элемента); 4) видовая структура и биомасса фитопланктона (>6000); 5) биомасса микропланктона (~4500); 6) биомасса зоопланктона (>650); 7) масса смолтов нерки (ежегодная); 8) береговой вылов озерной нерки и заполнение нерестилищ в оз. Курильском (ежегодные).

Гидрометеонаблюдения проводили на Озерновском наблюдательном пункте согласно Наставлениям... (Наставления..., 1975). Температуру воды в озере измеряли батитермографом и гидрологическими зондами. Данные по фито-, микро- и зоопланктону получены при отборе и обработке проб по общепринятым методикам (Киселев, 1956, 1969; Сорокин, Павельева, 1972) на стандартной станции в центральной части озера. Количество фосфора, поступавшего с рыбой, рассчитали, исходя из численности зашедшей на нерест нерки и ее средней массы в каждый конкретный год, принимая содержание P_2O_5 в ней равным 0,28% от массы тела (Кизеветтер, 1948).

Изменение формата исследований экосистемы оз. Курильского (свертывание осенне-зимне-весенних работ) заставило пересмотреть методический подход к анализу данных, применявшийся ранее, когда нагульные условия молоди нерки в озере оценивали по среднегодовым значениям (например, Бонк, 2008; Миловская, Бонк, 2004; Носова, 1972, 1988). В настоящей работе данные по гидрохимическому фону, количественным характеристикам фитопланктона, микропланктона и планктонных ракообразных усреднены для летнего периода и осени. Из анализа были исключены восстановленные данные по температуре воды в озере и биомассе зоопланктона. Среднегодовые данные параметров экосистемы, рассчитанные за период с 1980 по 2016 гг., приняты за «норму».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Тенденции изменения климата в бассейне оз. Курильского

В 2000-е годы в бассейне оз. Курильского началось увеличение среднегодовой температуры воздуха за счет более теплых зим (Лепская, Маслов, 2009). С 2010 г. усилился летний прогрев, а зимы стали еще мягче и теплее по сравнению с предыдущими тремя десятилетиями (рис. 3А). Соответственно, среднегодовая температура воз-

духа в период с 2010 г. до настоящего времени увеличилась на $1,8^{\circ}\text{C}$ по сравнению с 1980-ми годами (рис. 3Б).

В 2000-е годы годовая сумма осадков в бассейне оз. Курильского находилась в пределах нормы. Тем не менее сумма осенних и зимних осадков была заметно выше по сравнению с двумя предыдущими десятилетиями (рис. 4А). С 2010 г. резко увеличилось количество как зимних, так и летних осадков, что в сумме для периода дало увеличение на 300 мм по сравнению с годовой нормой (рис. 4Б).

Усиление прогрева воздушных масс закономерно привело к прогреву воды в реке Озерной, что особенно проявилось в летний период (рис. 5А). И с 2010 г. среднегодовая температура воды в р. Озерной увеличилась на $1,8^{\circ}\text{C}$ по сравнению с 1980-ми годами (рис. 5Б).

Увеличение количества осадков в 2010-е гг. отразилось на уровненом режиме р. Озерной, для которого стали характерны мощные и более продолжительные летние паводки в противоположность незначительным осенним (рис. 6А). При этом среднегодовая величина уровня воды оказалась незначительно выше нормы (рис. 6Б).

Период, который начался в 2010 г., характеризуется также усилением ветровой деятельности (среднегодовая скорость ветра средняя за период была на $1,6\text{ м/с}$ больше нормы) (рис. 7А) и усилением облачного покрова (рис. 7Б).

Таким образом, в последнее десятилетие в бассейне оз. Курильского наблюдаем усиление циклонической деятельности. Это привело к усилению летнего и зимнего прогрева воздуха, увеличению количества осадков, ветровой деятельности и усилению облачного покрова. Совокупность этих климатических изменений, в свою очередь, явилась причиной увеличения температуры воды в водотоках бассейна Курильского озера, особенно тех, которые имеют слабое течение и заболоченную пойму, а также увеличила водность рек непосредственно озерного бассейна.

Гидрологические условия в озере

Явное потепление в бассейне оз. Курильского сказалось и на термическом режиме самого озера. В ряду из четырех последних десятилетий период, начавшийся в 2010 г., оказался самым теплым относительно среднемноголетних значений (рис. 8А). Особенно сильный прогрев отмечен в зимне-весенний период, что в первую очередь связано с

потеплением, в большей степени проявляющимся зимой, а также с увеличившимся летним прогревом (рис. 8А, Б).

Усиление циклонической деятельности в бассейне озера, сопровождавшееся увеличением количества осадков на протяжении всего года, с одной стороны, способствовало ежегодному созданию запаса воды в зимний период в виде снежников на водосборе, с другой — привело к учащению и усилению интенсивности дождей, выпадающих на водосбор. В сумме эти явления привели к увеличению мощности весенне-летнего половодья и, соответственно, увеличению объема выноса аллохтонного вещества (органического и минерального) непосредственно в озеро. В связи с этим с 2010 г. наблюдаем явное уменьшение прозрачности воды в летний период (рис. 9).

Таким образом, в последнее десятилетие происходит увеличение температуры воды 100-метровой водной толщи (зона нагула молоди нерки) и уменьшение прозрачности воды в весенне-летний период.

Биогенный фон

Ранее было показано, что продуктивность оз. Курильского основана на запасе фосфора, который поступает в водоем при биологической и химической деструкции погибшей после нереста нерки (Миловская, Селифонов, 1993; Синяков, 1993). Вовлечение «рыбного» фосфора в биотический круговорот происходит на третий год после его поступления с рыбой (Лепская, 2009; Лепская, Кучерявый, 2011). Из-за замедленного водообмена фосфор циркулирует в озере не менее 8 лет (Milovska et al., 1998), возвращаясь в биотический круговорот при регенерации микро- и зоопланктоном (Агатова и др., 2004; Гутельмахер, 1986).

В 2000-е годы запас «рыбного» фосфора начал снижаться и в настоящее время держится стабильно ниже нормы (рис. 10А). Запас минерального фосфора, который в том числе вымывается из вулканических пород водосбора и озерного дна, равен норме, которая соответствует фоновой концентрации для большинства лососевых озер (Лепская и др., 2013) (рис. 10Б).

Азот в оз. Курильском не является лимитирующим фактором, но изменение в соотношении его минеральных форм в сторону увеличения доли восстановленной аммонийной формы свидетельствует об ускорении процессов разложения орга-

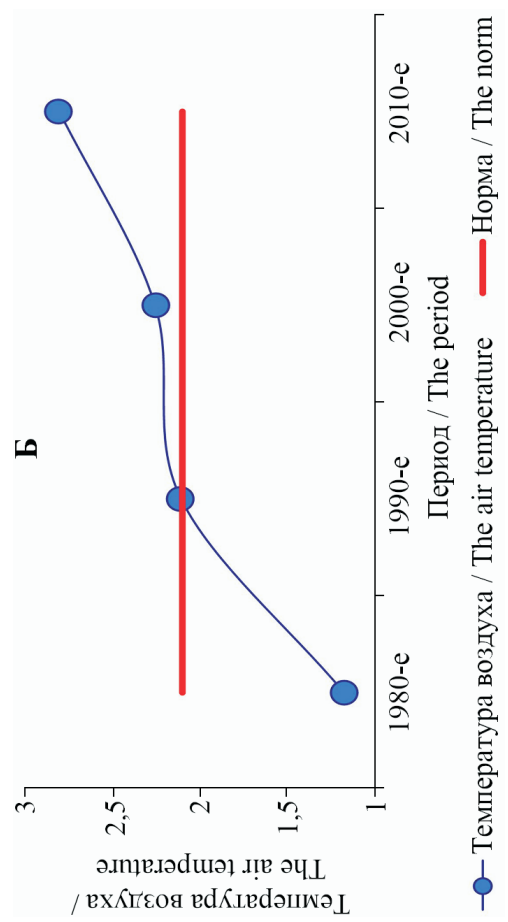
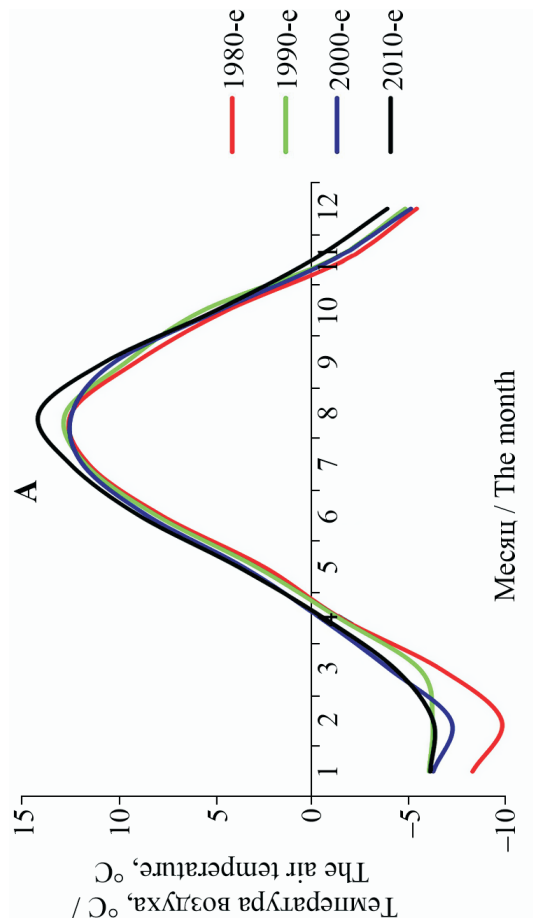


Рис. 3. Динамика температуры воздуха в бассейне оз. Курильского (А — внутригодовая по периодам, Б — усредненная для периода)
Fig. 3. The dynamics of the air temperature in the basin of Kurilskoye Lake (A — by periods during the year, B — averaged over the period)

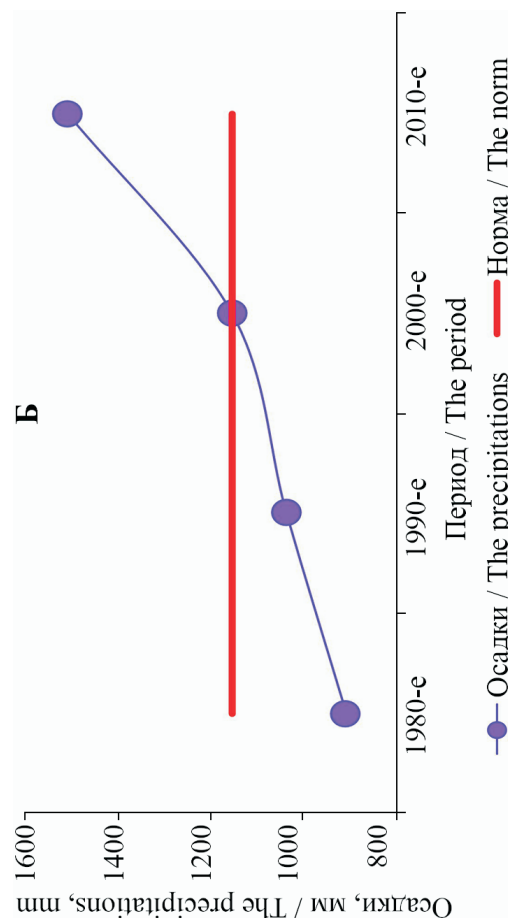
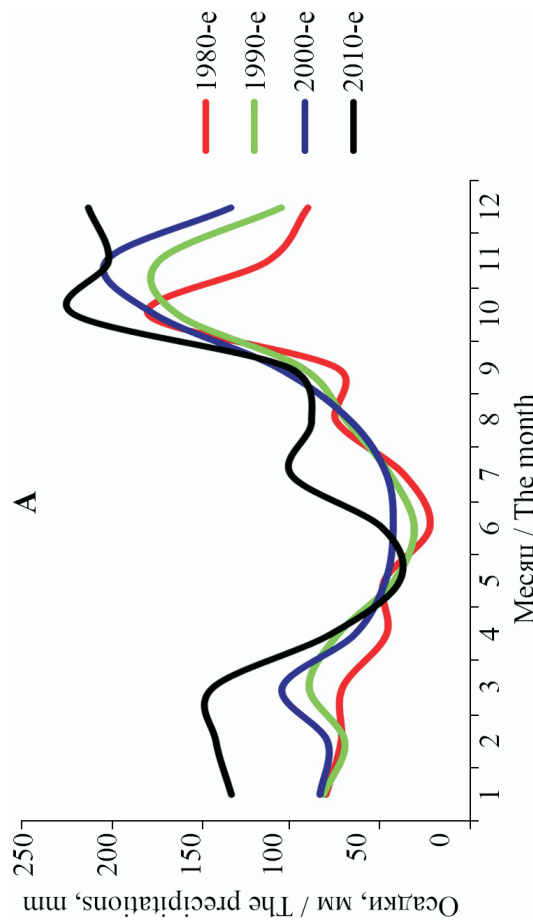


Рис. 4. Динамика суммы осадков в бассейне оз. Курильского (А — внутригодовая по периодам, Б — усредненная для периода)
Fig. 4. The dynamics of the summary precipitations in the basin of Kurilskoye Lake (A — by periods during the year, B — averaged over the period)

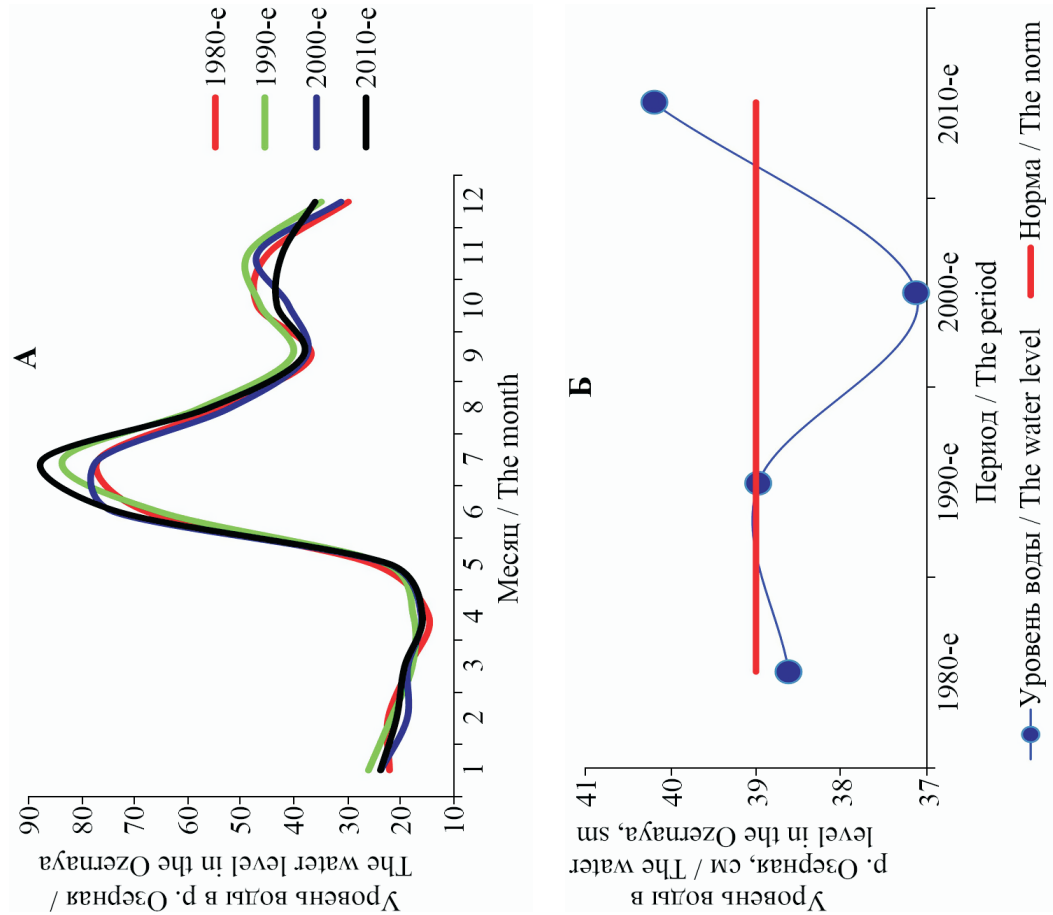


Рис. 6. Динамика уровня воды на гидропосту в р. Озерной (А — внутригодовая по периодам, Б — усредненная для периода)
Fig. 6. The dynamics of the water level in the Ozernaya River (A — by periods during the year, B — averaged over the period)

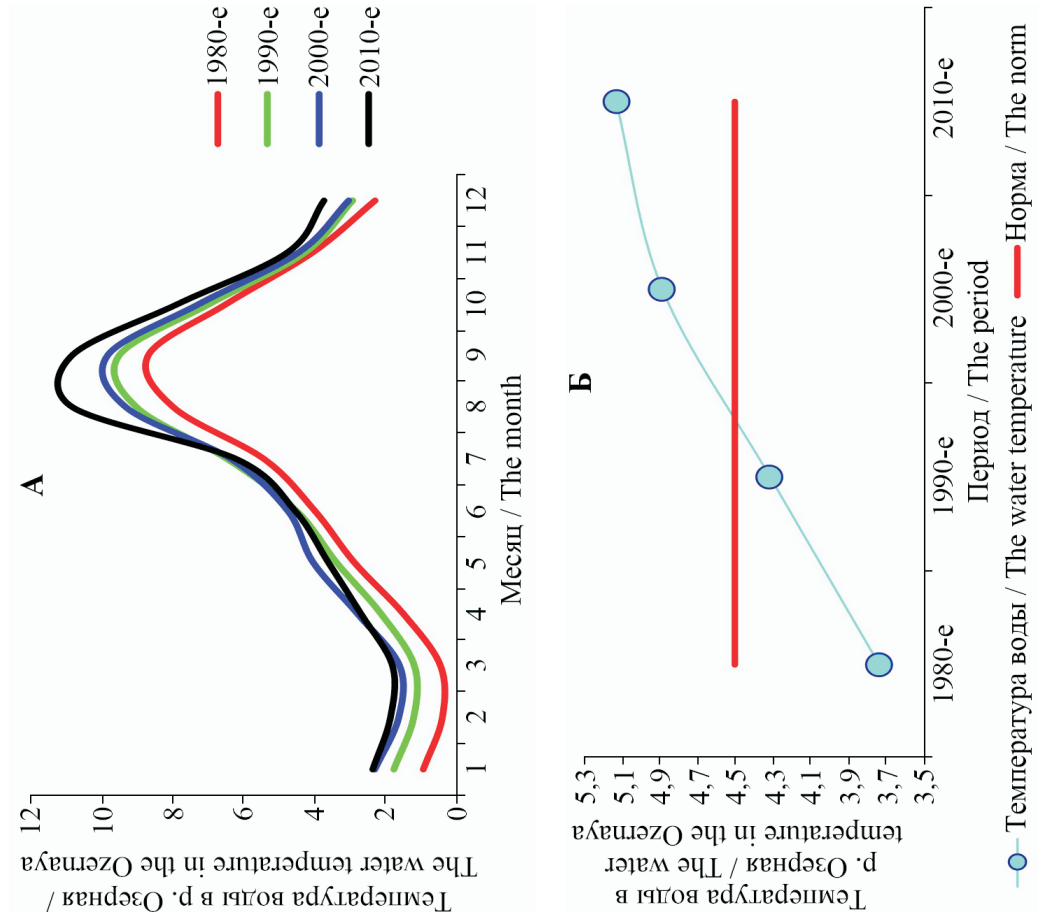


Рис. 5. Динамика температуры воды на гидропосту в р. Озерной (А — внутригодовая по периодам, Б — усредненная для периода)
Fig. 5. The dynamics of the water temperature in the Ozernaya River (A — by periods during the year, B — averaged over the period)

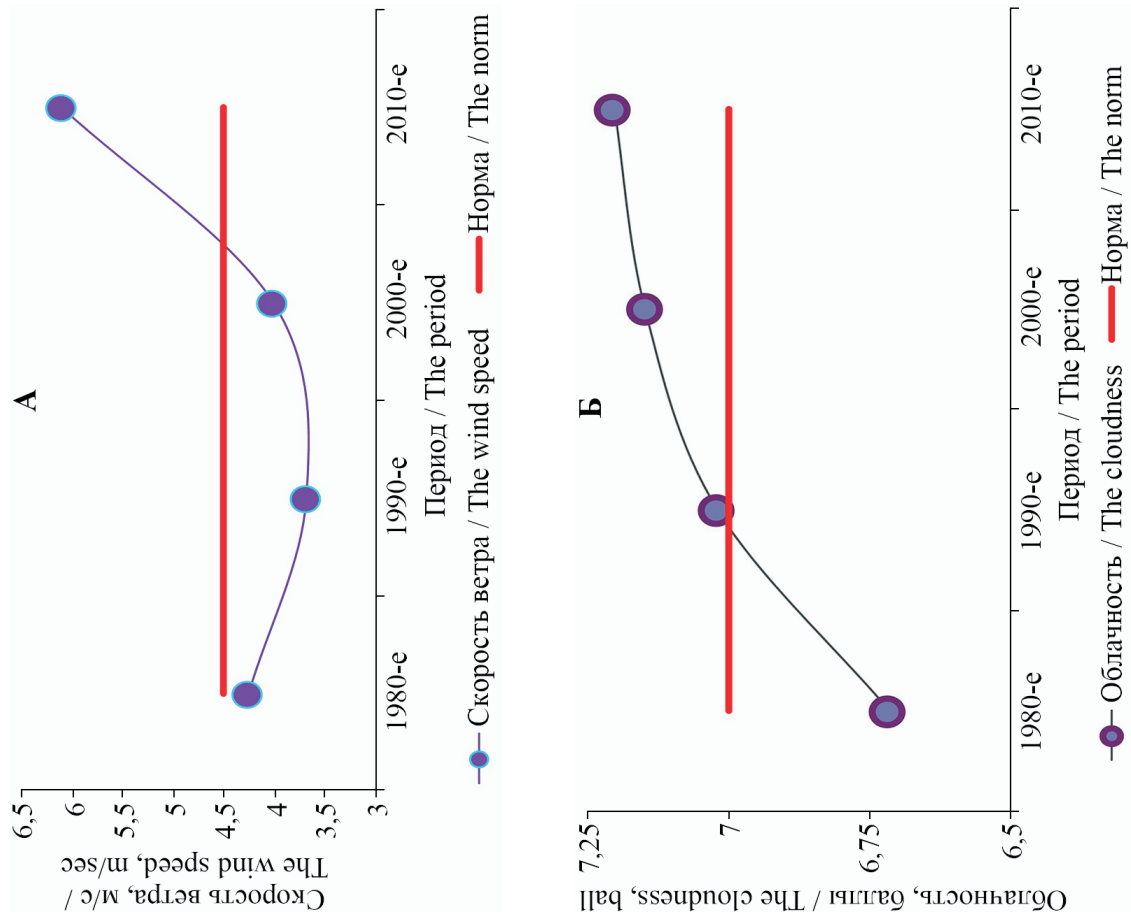


Рис. 7. Изменение скорости ветра (А) и облачности (Б) в бассейне оз. Курильского в 1980–2016 гг.
Fig. 7. The dynamics of the wind speed (А) and cloudiness (Б) in the basin of Kurilskoye Lake in 1980–2016

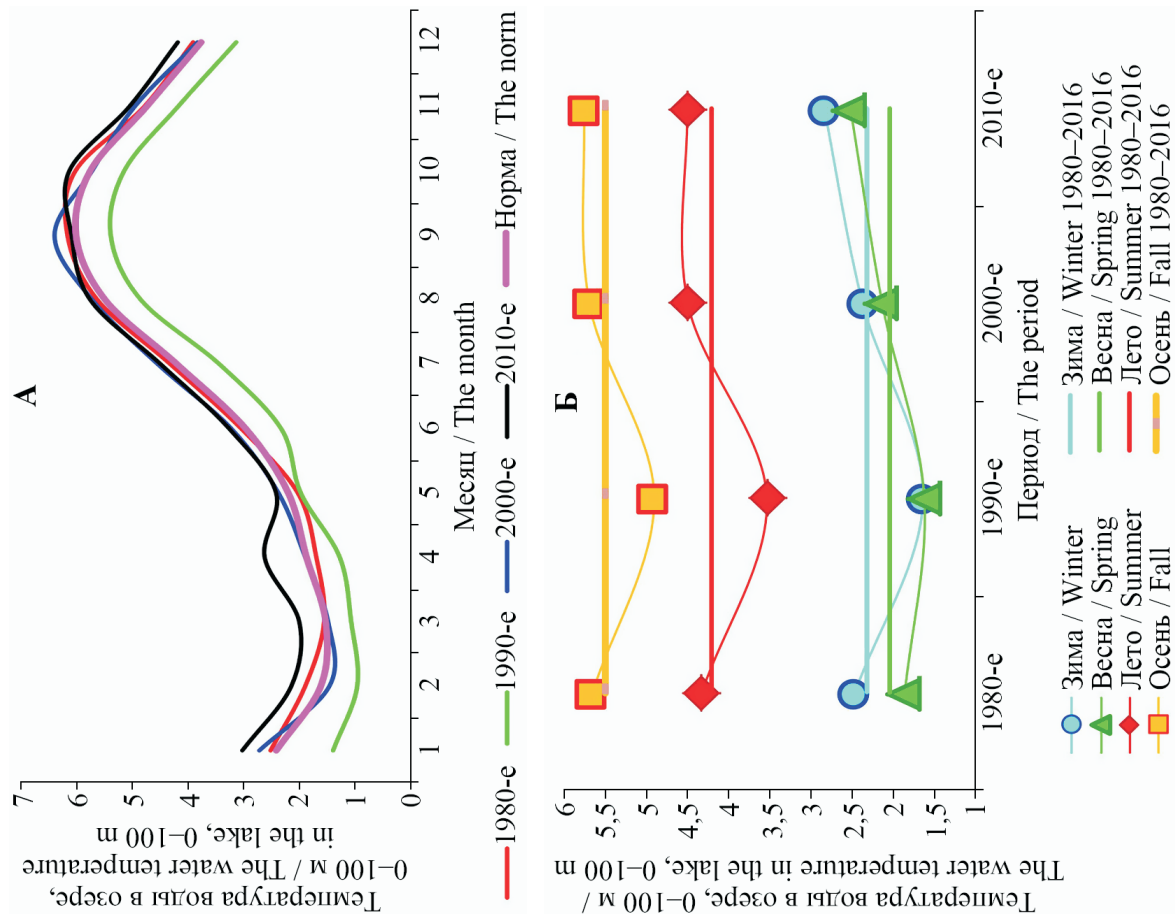


Рис. 8. Динамика температуры воды в слое 0–100 м в пелагиали оз. Курильского (А — внутригодовая по периодам, Б — усредненная для периода по сезонам)
Fig. 8. The dynamics of the water temperature in the pelagic layer 0–100 m of Kurilskoye Lake (А — by periods during the year, Б — averaged over the period)

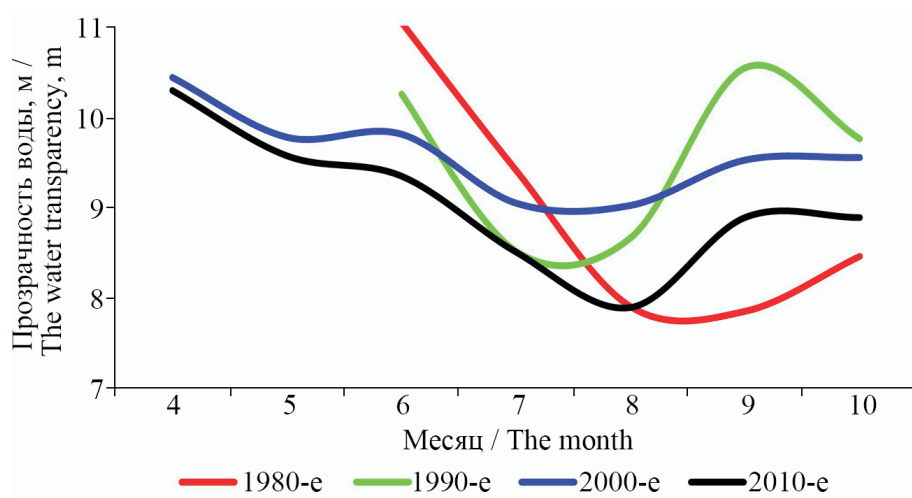


Рис. 9. Изменение прозрачности воды в оз. Курильском в 1980–2016 гг.
Fig. 9. The dynamics of the water transparency in Kurilskoye Lake in 1980–2016

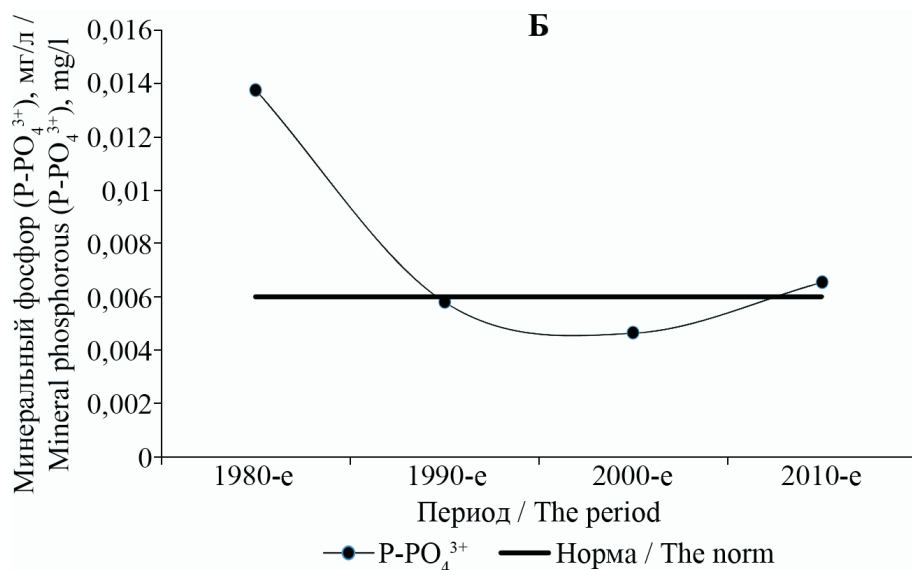
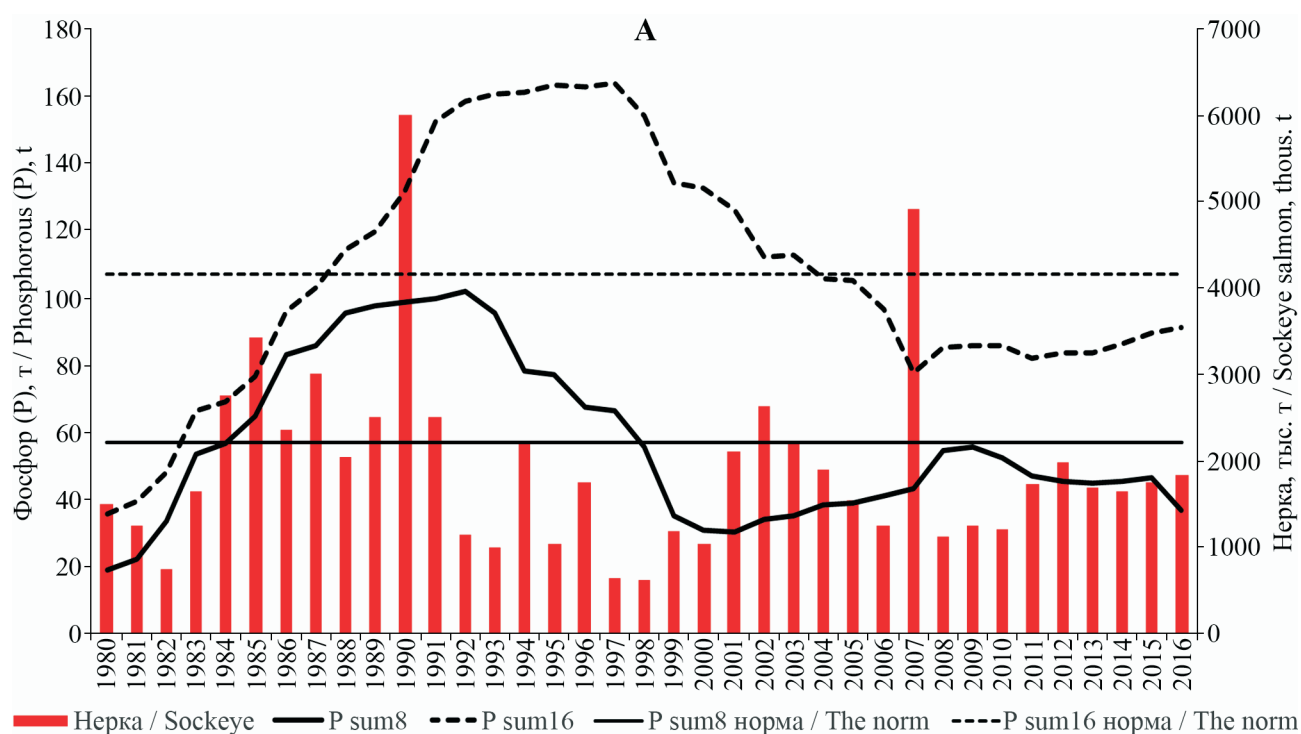


Рис. 10. Динамика нерестовых заходов и запаса «рыбного» фосфора, накопленного за 8 и 16 лет (А) и запаса минерального (фосфатного) фосфора (Б) в оз. Курильском в 1980–2016 гг.
Fig. 10. The dynamics of the spawning stock abundance and the “fish” phosphorous deposited for 8 or 16 years (A) and mineral (phosphate) phosphorous (B) in Kurilskoye Lake in 1980–2016

нического вещества, все большие объемы которого вовлекаются в биотический круговорот, вследствие чего происходит постепенное эвтрофирование водоема (рис. 11А).

Наряду с этим истощаются запасы кремния в озере, который потребляется крупноклеточными кремнийемкими диатомовыми рода *Synedra* (рис. 11Б).

Фитопланктон, микропланктон, детрит

Наблюдаемое эвтрофирование озера изменило структуру численности фитопланктона в сторону доминирования в последние годы зеленых микроводорослей, которые могут служить кормом дафниям (Бонк, Лепская, 2010) (рис. 12А).

Однако по биомассе все еще доминируют диатомовые «кормового» комплекса циклопов, к которым, прежде всего, относятся центрические диатомеи *Aulacoseira subarctica*, *Stephanodiscus alpinus*, *Cyclotella tripartita* (Лепская, Бонк, 2007; Lepskaya, Bonk, 2007) (рис. 12Б).

В период массового развития и размножения планктонных ракообразных (лето – начало осени) биомасса фитопланктона на протяжении всех четырех десятилетий была стабильно выше порогового уровня в 50 мгС/м³ (Лепская, Бонк, 2004) (рис. 13А), в достатке обеспечивая кормом популяцию *Cyclops scutifer*. Однако летняя биомасса планктонных диатомовых кормового комплекса в последнее десятилетие установилась ниже нормы. Осенью трофические условия циклопов были плохими (<50 мгС/м³) в течение всего рассматриваемого периода, но с 2010 г. биомасса кормового фитопланктона в этот сезон снизилась до значений 1990-х годов — самого холодного периода за рассматриваемый отрезок времени (рис. 13Б).

Увеличение количества осадков (рис. 4) усилило смыв аллохтонного вещества с водосбора озера, что привело к увеличению концентрации детрита (рис. 14А) и, вкупе с потеплением, — увеличению биомассы микропланктона (рис. 14Б). И детрит, и микропланктон — дополнительные составляющие кормового ресурса дафний (Бонк, Лепская, 2010).

Зоопланктон

Трофические условия зоопланктона в большой степени отражаются на его репродуктивном потенциале, в частности, на величине плодовитости (Базаркина, 2004; Носова, 1972; Мануйлова, 1964).

Летняя плодовитость как циклопов (рис. 15А), так и дафний (рис. 15Б) с 2010 г. была стабильно высокой. Более того, пики плодовитости дафний приходятся на годы численного доминирования именно зеленых (прочих) микроводорослей. Осенью высокая плодовитость в целом сохранялась у дафний, а у циклопов флуктуировала в пределах среднелетнего значения.

Однако при стабильном уровне воспроизводства популяций ракообразных, биомасса зоопланктона в последние три года резко снизилась (см. рис. 2Б). Одновременно с этим также резко снизилась масса тела покатников всех возрастных групп (см. рис. 2А). Увеличение температуры воды привело к интенсификации обменных процессов у нагуливающейся молодежи нерки, итогом чего стало ускорение роста молодежи, особенно в первый год пресноводного нагула, что подтверждается данными о приростах молодежи нерки первого и второго годов роста (рис. 16). Результатом изменения физиологии молодежи стало увеличение потребления корма — зоопланктона. Выпалаживание кривой приростов молодежи второго года произошло уже в 2000-е годы, когда увеличившиеся потребности молодежи в корме стали возможной причиной снижения численности и биомассы планктонных ракообразных.

Рост молодежи в первый год жизни проходит в хорошо прогреваемой литорали до середины — конца лета. В сравнении с температурой воды в пелагиали в слое 0–100 м вода в прибрежном мелководье в июне–июле 2011–2013 гг. была на 2,0–4,5 °С теплее (неопубликованные данные Е.А. Кирилловой).

Период 2000-х годов характеризовался резким увеличением приростов молодежи первого года, но с 2010 г. этот процесс замедлился, что, вероятно, явилось следствием воздействия еще одного фактора — конкуренции за пищевые ресурсы.

Работами Е.А. и П.И. Кирилловых 2011 и 2012 гг. показаны тенденции к изменению структуры ихтиоценоза оз. Курильского (Кириллов и др., 2014; Кириллова и др., 2012). Увеличение водности бассейна оз. Курильского привело к увеличению биотопической гетерогенности водоема — появлению обширных заболоченных участков в поймах рек и длительному подтоплению участков суши, поросших высшей растительностью. Появление новых стадий расширило нерестовые площади трехиглой колюшки, что в сочетании с по-

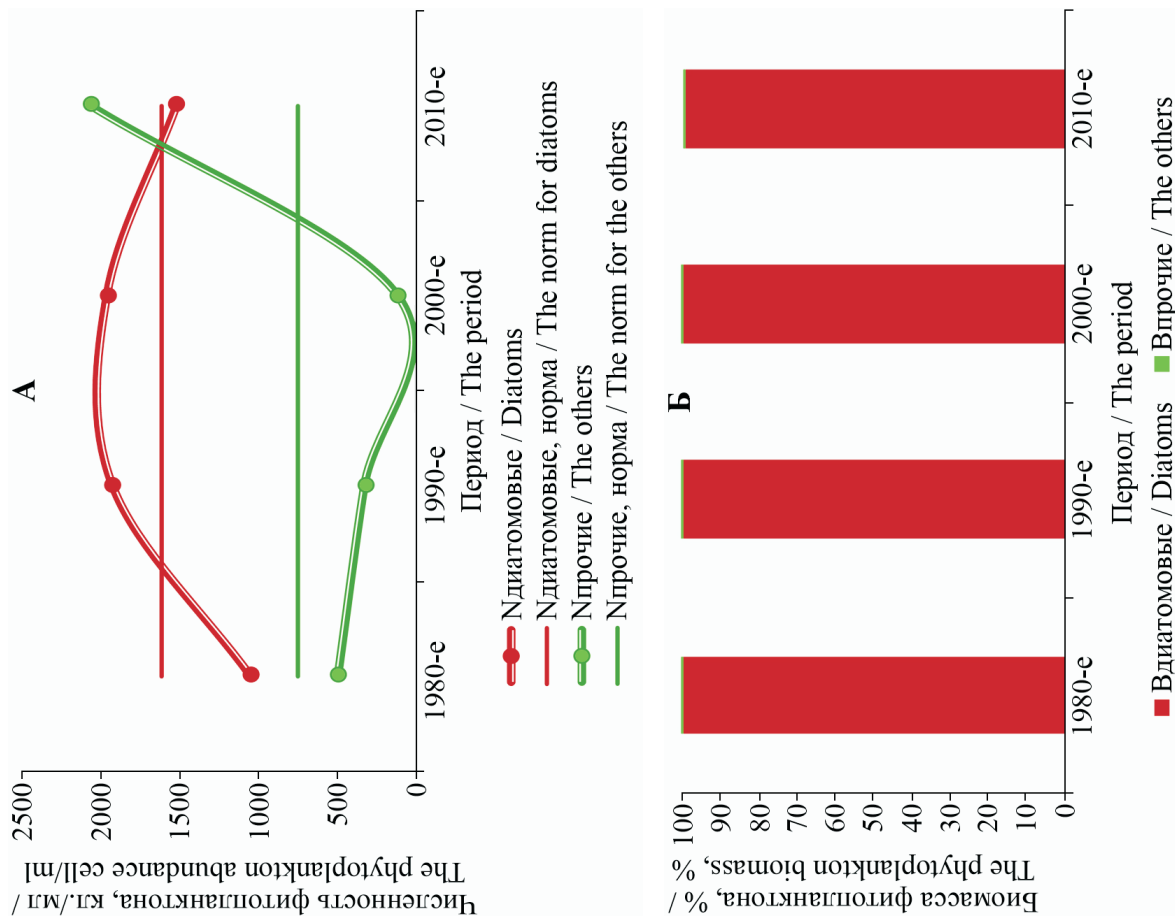


Рис. 12. Динамика структуры численности (А) и биомассы (Б) фитопланктона в оз. Курильском в 1980–2016 гг.
Fig. 12. The structural dynamics of the phytoplankton abundance (A) and biomass (B) in Kurilskoye Lake in 1980–2016

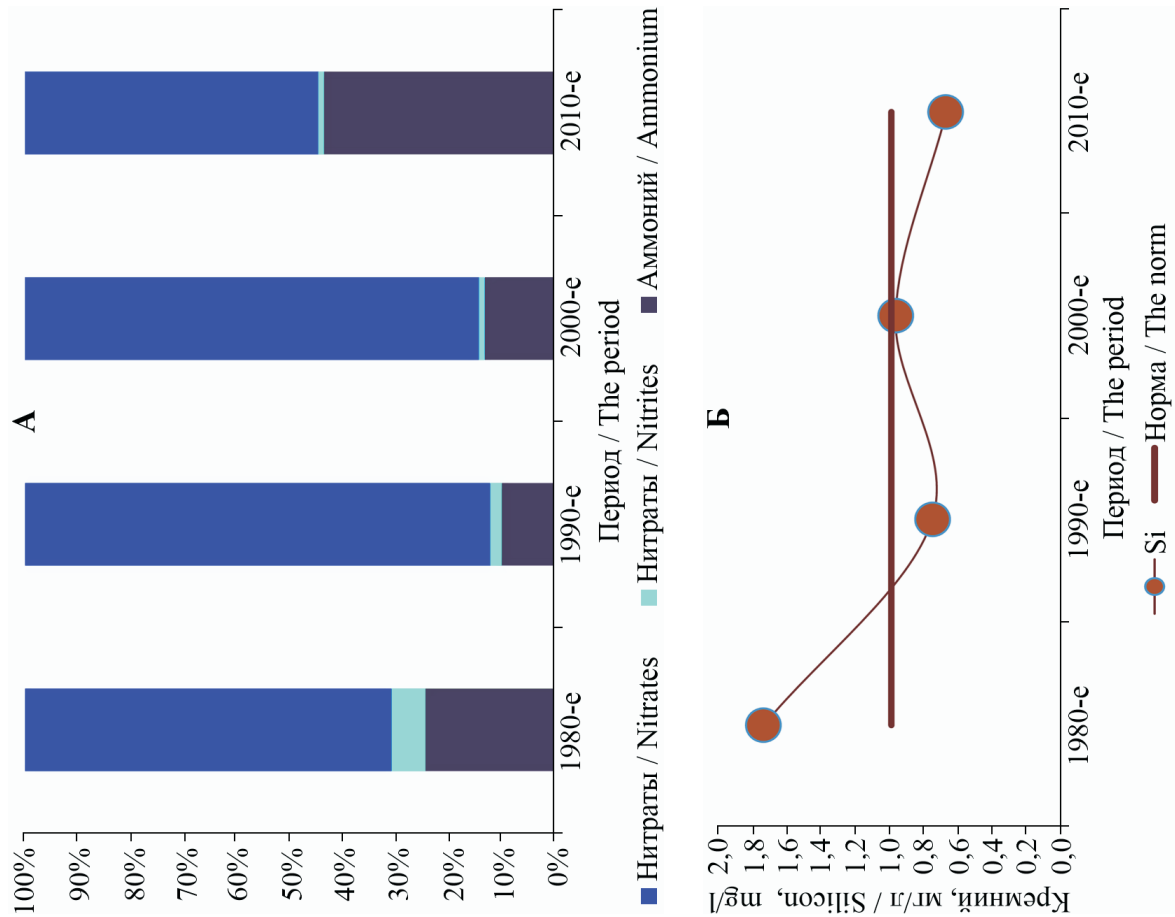


Рис. 11. Динамика соотношения минеральных форм азота (А) и запаса растворенного кремния (Б) в оз. Курильском в 1980–2016 гг.
Fig. 11. The dynamics of the ratio between mineral nitrogen (A) and dissolved silicon (B) in Kurilskoye Lake in 1980–2016

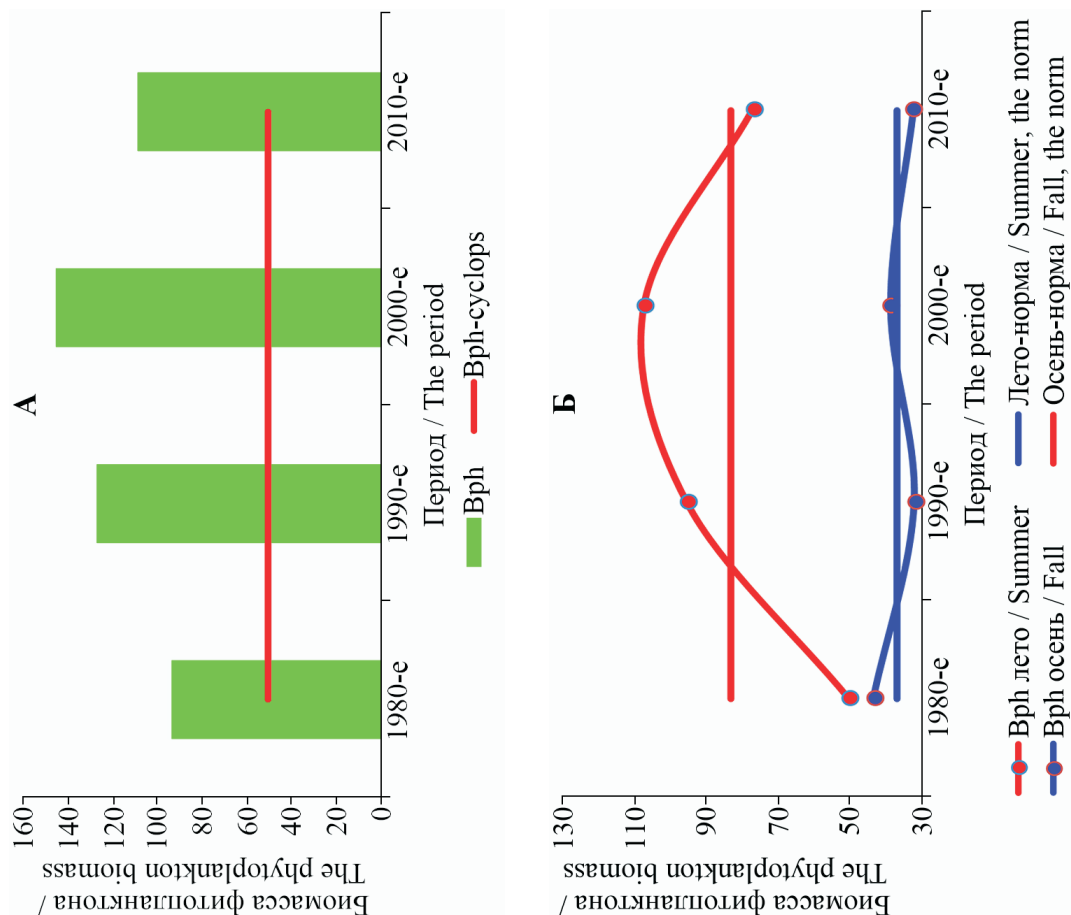


Рис. 13. Динамика летне-осенней биомассы фитопланктона, усредненной по периодам (А) и летней и осенней биомассы фитопланктона, усредненной по периодам (Б) в оз. Курильском в 1980–2016 гг.
Fig. 13. The dynamics of the summer-fall phytoplankton biomass averaged by periods (А) and separate summer or fall phytoplankton biomass averaged by periods (Б) in Kurilskoye Lake in 1980–2016

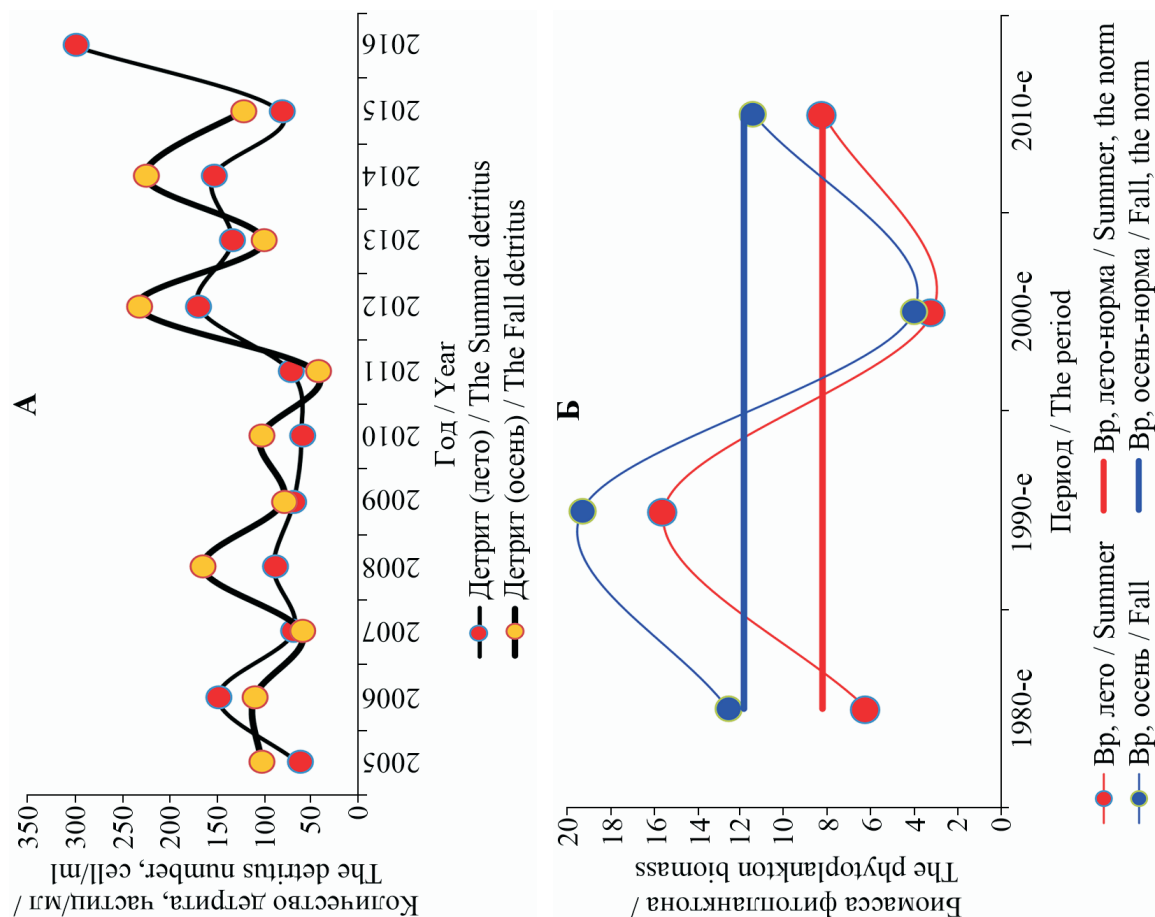


Рис. 14. Динамика количества детрита (А) и летней и осенней биомассы микро-планктона, усредненной по периодам (Б) в оз. Курильском в 1980–2016 гг.
Fig. 14. The dynamics of the detritus number (А) and the summer and fall microplankton biomass averaged by periods (Б) in Kurilskoye Lake in 1980–2016

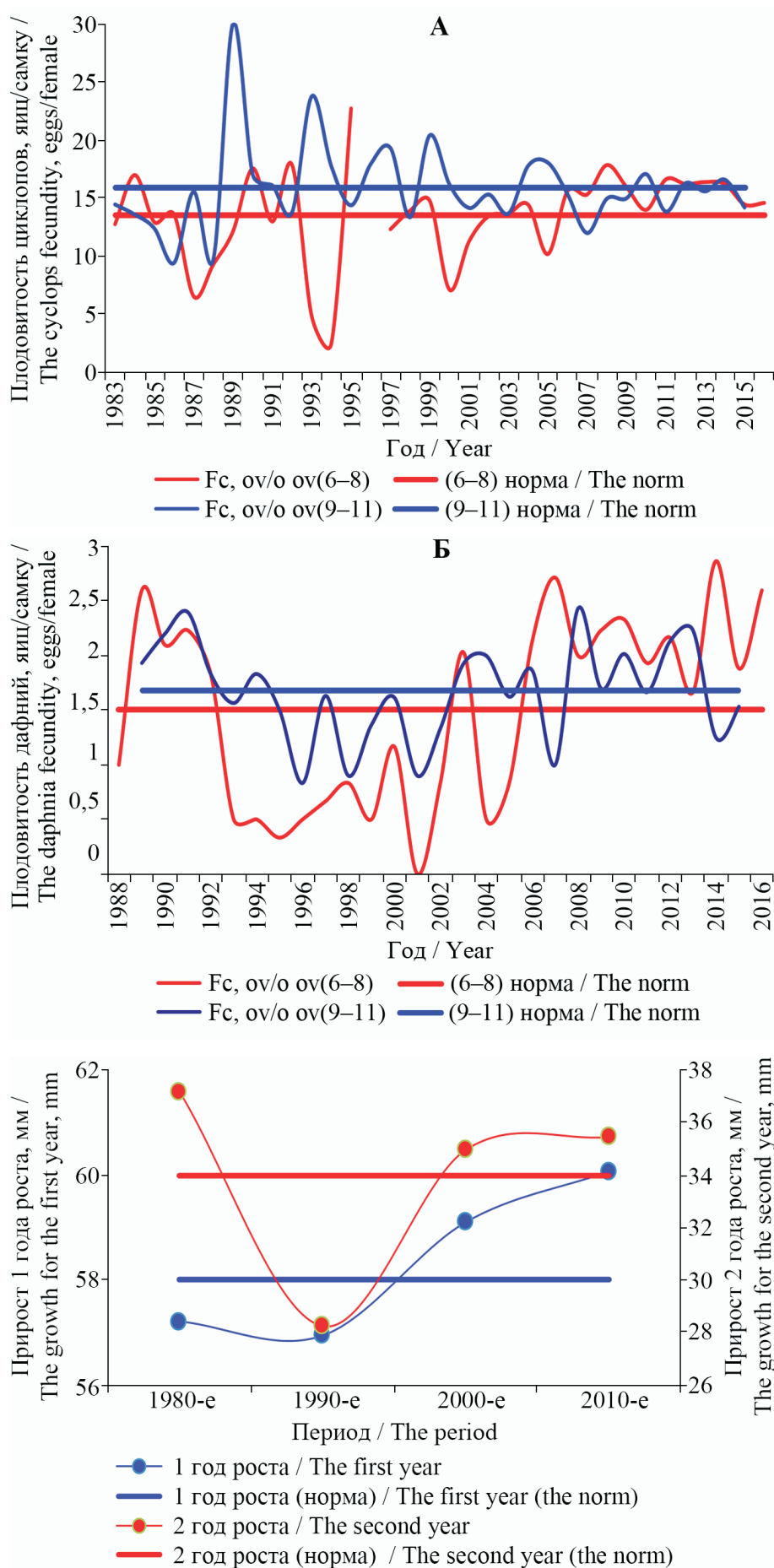


Рис. 15. Динамика индивидуальной плодовитости *Cyclops scutifer* [Fc (А)] и *Daphnia longiremis* [Fd (Б)] в оз. Курильском в 1980–2016 гг.

Fig. 15. The dynamics of the individual fecundity of *Cyclops scutifer* [Fc (A)] and *Daphnia longiremis* [Fd (B)] in Kurilskoye Lake in 1980–2016

Рис. 16. Динамика приростов молоди нерки первого (1) и второго (2) года роста, усредненная по периодам в оз. Курильском в 1980–2016 гг.

Fig. 16. The dynamics of the growth rate of juvenile sockeye salmon in the first (1) and second (2) year, averaged by periods, in Kurilskoye Lake in 1980–2016

теплением привело к вспышке ее численности. Например, в 2012 г. в 1,5-метровой прибрежной полосе вдоль южного берега озера плотность стай колюшки составляла в среднем 2000 экз./м². А отдельные ходовые и кормовые скопления насчитывали более 700 тыс. особей. Колюшка нагуливалась в совместных с неркой стаях и имела сходный с ней спектр питания. Например, объемная доля циклопов и дафний в желудках трехиглой колюшки из бухты Исток в 2012 г. составляла 50–90%, в отличие от колюшки из истока р. Озерной, питавшейся в значительной степени личинками и куколками хирономид (Введенская и др., 2015).

Нерестилища колюшки расположены в истоке р. Озерной, пойме р. Кирушутк, отшнуровавшего старого русла р. Хагыцын, на литорали по периметру мыса Травяного и в Теплой бухте (рис. 17), поэтому, мигрируя в озеро, она откармливается в тех же местах, что и нерка. При высокой численности колюшка конкурирует за пищу с сеголетками нерки, которые в это время концентрируются в литоральной зоне по периметру озера.

Таким образом, молодь нерки, вышедшая из гнезд в 2011 и 2012 гг., нагуливалась в первый год жизни совместно с высокочисленными поколениями колюшки в условиях пищевой конкуренции, что, вероятно, негативно отразилось на массе покотников в 2014 и 2015 гг., а также в 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлены два генеральных фактора, которые через цепь взаимосвязанных событий привели к депрессии кормовой базы молоди

нерки и снижению качественных показателей смолтов.

Первый — потепление климата в бассейне озера и увеличившийся прогрев озерных вод. Второй — снижение запаса «рыбного» фосфора.

Колебания температурного режима — это периодически повторяющееся явление природы. При сохраняющейся положительной динамике в оз. Курильском в водоеме ожидается продолжение эвтрофирования и, как следствие: изменение видовой структуры фитопланктона; изменение структуры зоопланктона в сторону уменьшения доли циклопов и, соответственно, ухудшения его качества как кормового ресурса; а также усиление пресса на зоопланктон со стороны молоди нерки и высокочисленных поколений трехиглой колюшки и, как следствие, снижение биомассы зоопланктона.

Запас фосфора, определяющий общую продуктивность водоема, в последние 14 лет держится стабильно ниже нормы. Запас фосфора формируется нерестовыми заходами нерки, и его можно увеличивать или уменьшать, регулируя величину нерестовых заходов. В наших руках это единственный инструмент воздействия на экосистему.

Теоретически, возможны три варианта такого воздействия.

1. Оставить пропуск в пределах оптимума и наблюдать далее, что произойдет.

2. Попробовать создать условия для восстановления численности и биомассы зоопланктона, уменьшив численность нагуливающейся молоди, пропуская в озеро, например, в течение двух следующих лет в полтора раза ниже оптимума, что с

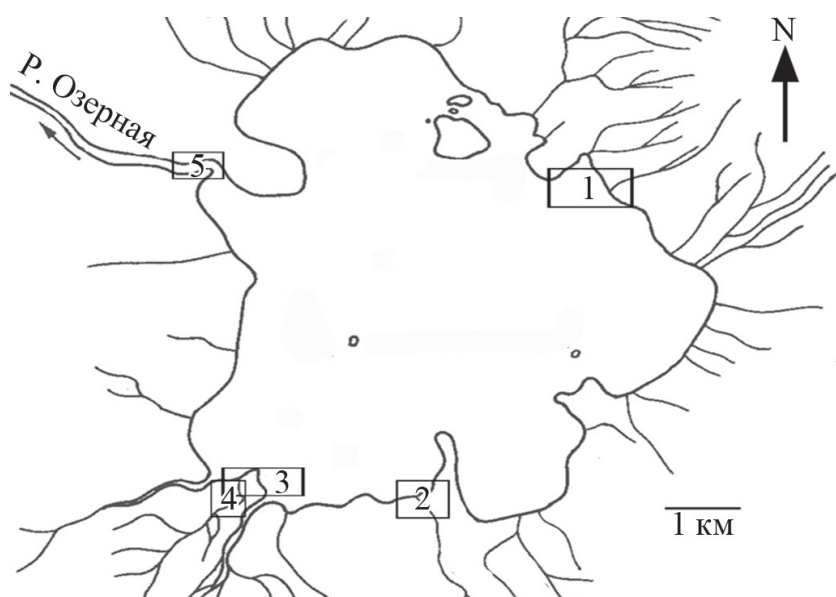


Рис. 17. Нерестилища трехиглой колюшки в оз. Курильском и реках его бассейна: 1) бух. Теплая; 2) пойма р. Кирушутк; 3) литораль по периметру мыса Травяного; 4) бывшее старое русло р. Хагыцын; 5) исток р. Озерной

Fig. 17. The spawning grounds of three-spine stickleback in Kurilskoye Lake and tributaries of the lake basin: 1) Teplaya Bay; 2) the main part of the Kirushutka; 3) the littoral part around Travyanoy Cape; 4) the old body of the Khagytsyn; 5) the outlet of the Ozeraya River

точки зрения сиюминутной выгоды выглядит заманчиво.

3. Попытаться сначала увеличить запас фосфора, пропустив, например, в 2018 г. примерно вдвое больше производителей, вернувшись в дальнейшем к пропускам в пределах оптимума. При существующей для озерновской нерки более тесной и достоверной связи родители/потомки, нежели масса тела смолтов / численность поколений (Бугаев и др., 2009), такое увеличение количества производителей не скажется катастрофически на размерно-массовых показателях поклатной молоди и при хорошей выживаемости в море даст неплохой возврат.

Поставленный вопрос крайне деликатен во всех смыслах, и для принятия какого-то из вариантов реального воздействия требуется тщательный анализ возможных последствий с учетом всего комплекса вводных, в том числе и данных по эстуарным и морским наблюдениям.

Ясно одно: ситуация в оз. Курильском объективно изменилась. Те факторы, которыми ранее пренебрегали, считая несущественными, в настоящее время требуют пристального изучения, чтобы в дальнейшем грамотно и объективно объяснить изменения запаса озерновской нерки в сторону уменьшения, которое наметилось в 2014 г.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают безмерную благодарность всем, кто на протяжении многих лет самоотверженно вел наблюдения и собирал материал на Курильском озере. Отдельная благодарность за предоставленные материалы — и.о. ст.н.с. лаборатории поведения низших позвоночных ИПЭЭ РАН Е.А. Кирилловой. Благодарим также заведующего лабораторией динамики численности и совершенствования прогнозов лососевых рыб Е.А. Шевлякова за продуктивную дискуссию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И., Сапожников В.В., Миловская Л.В. 2004. Органическое вещество и скорости его трансформации в нерестово-нагульных озерах Камчатки // Водные ресурсы. Т. 31. № 6. С. 691–701.

Акулин В.Н. 1968. Сезонные изменения содержания жира у молоди красной и у кормового зоопланктона оз. Дальнего // Известия Тихоокеанского научно-

исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Магадан. Т. 64. С. 81–90.

Базаркина Л.А. 2004. Механизмы регуляции численности в популяциях планктонных ракообразных мезотрофного лососевого озера Азабачье (Камчатка). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 21 с.

Бонк Т.В. 2008. Состояние зоопланктонного сообщества и характеристика кормовой обеспеченности молоди нерки в пелагиали оз. Курильское (Камчатка) в период 2001–2005 гг. // Известия ТИНРО. Владивосток. Т. 155. С. 172–185.

Бонк Т.В., Ленская Е.В. 2010. Спектр питания *Daphnia longiremis* Sars в пелагиали озера Курильского (Камчатка) // Современные проблемы гидроэкологии. Тез. докл. 4-й Междунар. научн. конф., посвящ. памяти проф. Г.Г. Винберга (11–15 октября). СПб. С. 29.

Бугаев В.Ф., Маслов А.В., Дубынин В.А. 2009. Озерновская нерка (биология, численность, промысел). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 156 с.

Введенская Т.Л., Бугаев В.Ф., Лукин С.Ю. 2015. Некоторые черты биологии трех- и девятиглазых колюшек оз. Курильского (Юго-Западная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Тез. докл. XVI Междунар. научн. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 275–280.

Гутельмахер Б.Л. 1986. Метаболизм планктона как единого целого. Трофометаболические взаимодействия зоо- и фитопланктона. Л.: Наука. 155 с.

Кизеветтер И.В. 1948. Об изменениях химического состава тела красной (нерки) // Изв. ТИНРО. Т. 28. С. 29–42.

Кириллов П.И., Кириллова Е.А., Бодячук А.А., Звездин А.О. 2014. Некоторые сведения о биологии и морфологии трехглазых колюшки *Gasterosteus aculeatus* в связи со вспышкой ее численности в Курильском озере (Южно-Камчатский заказник) // Тр. Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 3. Воронеж: ООО «СТП». С. 77–85.

Кириллова Е.А., Кириллов П.И., Звездин А.О., Павлов Д.С. 2012. Состав ихтиофауны, распределение и миграции молоди рыб в бассейне Курильского озера и реки Озерной (Южная Камчатка) / Сб. научн. тр. Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 2. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 221–230.

- Киселев И.А. 1956. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. Л.: ЗИН АН СССР. Т. IV. Ч. 1. С. 253–258.
- Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука. Т. 1. С. 140–416.
- Лепская Е.В. 2009. Время трансформации каркасного фосфора в разнотипных озерах Камчатки / X Съезд Гидробиологического общества при РАН. Тез. докл. (Владивосток, 28 сентября – 2 октября 2009 г.) Отв. ред.: А.Ф. Алимов, А.В. Адрианов. Владивосток: Дальнаука. С. 235.
- Лепская Е.В., Бонк Т.В. 2004. Влияние качества и количества пищи на рост и размножение *Cyclops scutifer* Sars в озере Курильское (Камчатка) // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Матер. Междунар. конф. (6–9 сентября 2004 г., Петрозаводск). Петрозаводск. С. 82.
- Лепская Е.В., Бонк Т.В. 2007. Спектр питания *Cyclops scutifer* Sars (Copepoda) в лососевых нерестово-нагульных озерах Курильское и Паланское (Камчатка) // Биология внутренних вод. № 1. С. 13–22.
- Лепская Е.В., Кучерявый А.В. 2011. Динамика вымывания фосфора и некоторых металлов из костей постнерестовой нерки в речном и озерном биотопах оз. Курильское (Камчатка) / Чтения памяти В.Я. Леванидова (Владивосток, 21–23 марта 2011 г.). Сб. докладов. С. 293–299.
- Лепская Е.В., Маслов А.В. 2009. Долгосрочные изменения гидрометеорологической обстановки в бассейне озера Курильского (Камчатка) и особенности трансформации «рыбного» фосфора в озерной экосистеме // Известия ТИНРО. Т. 158. С. 293–302.
- Лепская Е.В., Маслов А.В., Тепнин О.Б., Свириденко В.Д. 2013. Биогенные элементы (содержание, динамика вымывания) из разноразмерного пирокластического материала Плоского Толбачика (извержение 2012–2013 гг.) / Сборник, посвящ. Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии. С. 227–235.
- Мануйлова Е.Ф. 1964. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М.-Л.: Наука. 328 с.
- Миловская Л.В., Бонк Т.В. 2004. Состояние пелагического зоопланктонного сообщества оз. Курильского в фертилизационный и постфертилизационный периоды (1980–2000 гг.) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. научных трудов. Вып. 7. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 94–102.
- Миловская Л.В., Селифонов М.М. 1993. К вопросу о влиянии фосфора на трофику Курильского озера (Камчатка) // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Вып. 2. С. 25–36.
- Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. 1975. Вып. II, часть 2. Ленинград: Гидрометеиздат. 263 с.
- Носова И.А. 1972. Биология, динамика численности и продукции *Cyclops scutifer* Sars в Курильском озере. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 25 с.
- Носова И.А. 1988. Биология и динамика численности *Daphnia longiremis* Sars. в озере Курильском // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Сб. науч. трудов. Владивосток. С. 38–50.
- Синяков С.А. 1993. Круговорот фосфора и параметры экосистемы Курильского озера при оптимальном заполнении нерестилищ // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Вып. 2. С. 50–61.
- Сорокин Ю.И., Павельева Е.Б. 1972. К количественной характеристике экосистемы пелагиали озера Дальнего на Камчатке // Тр. ИБВВ АН СССР. Вып. 23 (26). С. 24–38.
- Ballantyne A.P., Brett M.T., Schindler D.E. 2003. The importance of dietary phosphorus and highly unsaturated acids for sockeye (*Oncorhynchus nerka*) growth in Lake Washington a bioenergetics approach // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 60. P. 12–22.
- Gladyshev M.I., Semenchko V.P., Dubovskaya O.P., Fefilova E.B., Makhutova O.N., Buseva Z.F., Sushchik N.N., Razlutskiy V.I., Lepskaya E.V., Baturina M.A., Kalachova G.S., Kononova O.N. 2011. Effect of temperature on contents of essential highly unsaturated fatty acids in freshwater zooplankton // Limnologia, 41. P. 339–347.
- Milovskaya L.V., Selifonov M.M., Syntyakov S.A. 1998. Ecological functioning of Lake Kuril relativ to sockeye salmon production // N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Bull. N 1. Canada. P. 434–442.