

УДК 574.5

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА ДАЛЬНЕЕ

Н. М. Вецлер



Обобщены результаты семилетних (2000–2006 гг.) исследований экосистемы оз. Дальнее. Показано, что в этот период в водоёме были благоприятные термические и гидрологические условия, способствовавшие появлению и развитию теплолюбивых видов зоопланктона. В результате снижения численности заходящих на нерест производителей нерки и расходования запасов фосфатов, аккумулированных в придонном слое, постепенно уменьшалось количество фосфора, циркулирующего в экосистеме. Происходящий процесс олиготрофизации водоёма привел к изменению видового состава планктонных водорослей и снижению интенсивности их осеннего «цветения». Установлено, что в 2000–2006 гг. в озере сложились, в основном, хорошие кормовые условия для нагула молоди нерки. Средняя масса тела смолтов колебалась от 18,7 до 25,5 г и зависела от трофических условий в озере во второй год нагула молоди нерки.

N. M. Vetsler. Some aspects of the current state of the ecosystem of Dalneye Lake // Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwest part of Pacific Ocean: Selected Papers. Vol. 11. Petropavlovsk-Kamchatski: KamchatNIRO. 2008. P. 24–31.

Results of studying the ecosystem of Dalneye Lake for the period of seven years (2000–2006) have generalized. Thermal and hydrological conditions in the lake have demonstrated as favorable during this period to provide the occurrence and the development of the thermophilous species of zooplankton. The amount of circulating in the ecosystem phosphorous has found consequently decreasing as a result of abundance decrease of sockeye salmon escapement met and spending the phosphate deponents accumulated at the bottom. Current oligotrophication of the lake transforms species composition of plankton algae and makes fall blossoming less intense. The conditions for juvenile sockeye salmon foraging in the lake were in general good in 2000–2006. The average body weight of smolts varied from 18.7 to 25.5 g and depended on the trophic conditions during the second year of juvenile sockeye salmon foraging in the lake.

Озеро Дальнее, расположенное на юго-востоке Камчатского п-ова, является нерестово-нагульным водоемом, обеспечивающим естественное воспроизводство одного из стад тихоокеанского лосося — нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.). Значение этого водоёма, признанного модельным для изучения условий пресноводного периода развития молоди лососей, широко известно как на Камчатке, так и многим специалистам на территории России и за рубежом. Особая значимость и уникальность озера определяется многолетним рядом научных наблюдений, проводимых с 1930-х гг. по настоящее время. Результаты лимнологических и ихтиологических исследований оз. Дальнее имеют большое теоретическое и рыбохозяйственное значение и представлены в многочисленных публикациях. Как показали многолетние исследования, состояние как всей экосистемы озера, так и популяции нерки, нагуливающейся в его пелагиали, претерпевало значительные изменения во времени (Кожевников, 1970; Крогиус и др., 1969, 1987; Погодаев, 1993; Вецлер, Погодаев, 2004; Вецлер, 2007а). Близость к населённым пунктам, браконьерство местных жителей и развитие дрифтерного промысла в Беринговом море отрицательно повлияли на величину нерестовых заходов половозрелой нерки и

состояние всей экосистемы водоёма (Погодаев, 2001). Многие изменения, произошедшие в озере в 80-е и 90-е годы прошлого столетия, вероятно, являются необратимыми: популяция нерки лишилась весенней расы, изменилась структура зоопланктонного сообщества (Вецлер, 1992, 2006а, 2007б).

Цель настоящей работы — обобщение и анализ результатов исследования экосистемы озера за 2000–2006 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили данные круглогодичных гидрологических наблюдений и результаты обработки гидрохимических и планктонных проб за 2000–2006 гг. Измерение температуры воды, отбор гидробиологических и гидрохимических проб проводили на постоянной станции, расположенной в центральной глубоководной части пелагиали озера. Благодаря простой морфометрии водоёма и отсутствию значительных поверхностных притоков, центральная станция с достаточной достоверностью характеризует распределение биогенных элементов и динамику гидробиологических процессов, происходящих в озерной пелагиали в целом (Крохин, 1948).

Отбор проб по гидрохимии и измерение температуры воды проводили на горизонтах 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 м при помощи опрокидывающегося батометра Нансена с глубоководным термометром. Определение концентрации биогенных элементов проводили стандартными методами, согласно «Руководству по химическому анализу вод суши» (Алекин и др., 1973). Средневзвешенные величины содержания биогенных элементов рассчитывали для эвфотического слоя (0–20 м) (Сорокин, Павельева, Васильева, 1974; Павельева, 1984) и слоя 0–50 м.

Пробы планктона отбирали в слое 0–50 м методом вертикального лова количественной сетью Дреда с диаметром входного отверстия 18 см (газ № 64). Планктонные пробы обрабатывали под микроскопом МБС-9 в камерах Богорова и Горяева по стандартным гидробиологическим методикам (Киселев, 1969; Методические рекомендации..., 1984). Биомассу планктонных организмов рассчитывали как произведение их численности на среднюю массу одного экземпляра. Средние значения массы тела ракообразных взяты из работ И.И. Куренкова (1975, 2005). В течение 2000–2006 гг. было собрано и обработано 80 планктонных и 648 гидрохимических проб, проведено 648 измерений температуры воды. При выполнении работы использовали многолетние данные за 1981–2006 гг. (Вецлер, 2006б; Вецлер, Уколова, Свириденко, 2006) и за период 1938–1975 гг. (Кожевников, 1970; Крогиус и др., 1969, 1987).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Термический режим

Климатические условия района и морфометрические характеристики озера определяют его термический режим. Зимой температура поверхностных вод в оз. Дальнее близка к нулю, в летний период верхние слои озера могут прогреваться до 20°C.

Амплитуда внутригодовых изменений температуры воды в слое 0–50 м в 2000–2006 гг. составляла 5,1°C. В период ледостава (декабрь–апрель) температура водной толщи не превышала 3,0°C. Наибольший прогрев озерных вод происходил в августе (рис. 1).

Озеро ежегодно покрывается льдом. Образование сплошного ледового покрова на озере препятствует сильному охлаждению водной массы и резким колебаниям температуры воды в зимний период (Вецлер, 2006б).

Становление льда в 2000–2006 гг. происходило в первой декаде декабря. Ледостав, в среднем, длился 170 дней, а средняя температура воды в

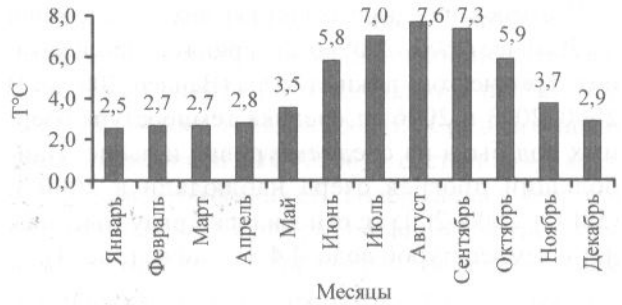


Рис. 1. Внутригодовые изменения средней температуры воды (Т°C) слоя 0–50 м в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

слое 0–50 м в этот период составляла 2,8°C. Наибольшее охлаждение водной массы было отмечено в 2004–2005 гг., наименьшее — в 2006 г. (рис. 2).

После разрушения льда (в конце мая–начале июня) совместное воздействие конвекции и ветра обеспечивает весеннюю циркуляцию озерных вод. Она не всегда бывает полной. Характер перемешивания определяется степенью охлаждения озера перед ледоставом. Весенняя циркуляция бывает неполной, когда придонные температуры в зимний период близки к температуре наибольшей плотности — 3,8–3,9°C (Крогиус и др., 1969). Полная циркуляция заканчивается после прогрева всей водной массы до 4,0°C. В 2000–2006 гг. в озере наиболее часто происходило полное перемешивание. Неполная весенняя циркуляция была отмечена в 2000, 2001 и 2003 гг.

Термическое расслоение озера в 2000–2006 гг. происходило, в основном, в первой декаде июля. Средняя температура воды в эпилимнионе в этот период изменялась от 9,8 до 19,3°C, а граница между эпилимнионом и металимнионом находилась, преимущественно, на глубине 10 м. Период летней стратификации обычно заканчивался в конце сентября. Полная осенняя циркуляция происходила в конце октября–начале ноября. Наибольший прогрев водоема в летне-осенний период был отмечен в 2000 г., наименьший — в 2002 г. (рис. 3).



Рис. 2. Межгодовые изменения средней температуры воды слоя 0–50 м (Т°C) в ледоставный период в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

На основании двадцатипятилетних исследований оз. Дальнее (1981–2005) была принята классификация термического режима озера (Вещлер, 2007в). В 2000–2003 и 2006 гг. средняя температура озерных вод была на среднем уровне и выше. Наибольший прогрев озера наблюдали в 2000 г. ($5,0^{\circ}\text{C}$). 2004–2005 гг. относились к ряду холодных лет с температурой воды $4,4^{\circ}\text{C}$ и ниже (рис. 4).



Рис. 3. Межгодовые изменения средней температуры воды слоя 0–50 м ($^{\circ}\text{C}$) в безледный период в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.



Рис. 4. Межгодовые изменения средней температуры воды слоя 0–50 м ($^{\circ}\text{C}$) в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

Гидрохимический режим

Гидрохимические исследования в 2000–2006 гг. включали определение минеральных форм фосфора, азота (аммония, нитритов и нитратов), кремния и общего железа.

Ф о с ф о р. Одним из основных факторов, определяющих фосфатный режим озера, является поступление фосфора с нерестующей рыбой, тела которой, разлагаясь после гибели, обогащают озерные воды биогенными элементами (Крохин, 1957, 1959). Другими источниками фосфора в озере являются внутриводоёмные процессы и поступление его с поверхностным и грунтовым стоками (Крохин, 1967). Основное количество фосфатов аккумулируется в придонном слое (Погодаев, 2002). Концентрация минерального фосфора у дна зависит от суммарного поступления фосфора с отнерестовавшей неркой за предшествующие три года

(Вещлер, Уколова, Свириденко, 2006). В 2000–2006 гг. количество фосфатов в придонном слое, в среднем, составляло $0,036 \text{ мг Р/л}$ и было наименьшим за двадцатилетний период исследований (1981–2006 гг.) (рис. 5).

Наибольшее накопление минерального фосфора в слое 0–50 м происходило в период высоких заходов нерки на нерест (1988–1991 гг.). Начиная с 1992 г., подходы производителей нерки в озеро снизились, и количество фосфора, циркулирующего в экосистеме, постепенно стало уменьшаться. В 2000–2006 гг. средняя концентрация минерального фосфора в слое 0–50 м не превышала $0,028 \text{ мг Р/л}$ и была ниже среднеемноголетнего показателя, рассчитанного для периода 1981–2006 гг. ($0,033 \text{ мг Р/л}$) (рис. 5). Количество фосфатов в эвфотическом слое (0–20 м) в 2000–2006 гг. варьировало в пределах $0,014\text{--}0,024 \text{ мг Р/л}$ и было, преимущественно, выше среднеемноголетнего уровня ($0,019 \text{ мг Р/л}$). Таким образом, несмотря на незначительное поступление минерального фосфора с нерестующей неркой, особенности его трансформации в водоёме создавали достаточно высокий уровень фосфатов в эвфотическом слое при низкой концентрации их у дна и во всей толще воды (рис. 6).

А з о т. Минеральный азот присутствует в озёрной воде в трёх формах — аммонийной,

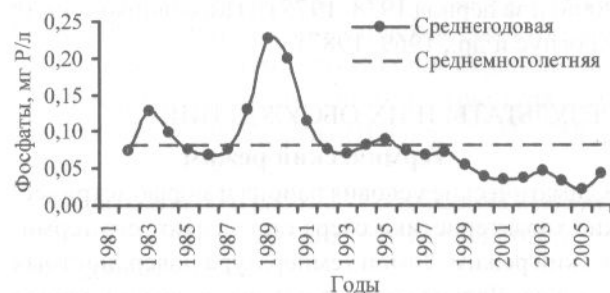


Рис. 5. Межгодовые изменения концентрации фосфатов в придонном слое в оз. Дальнее в 1981–2006 гг.

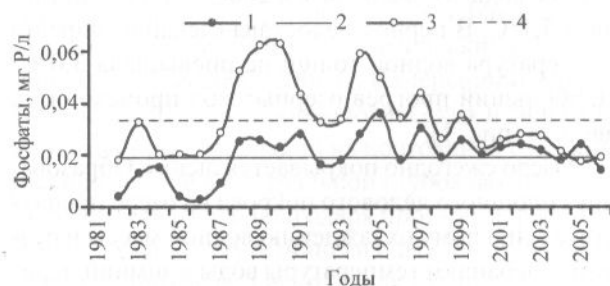


Рис. 6. Межгодовые изменения концентрации фосфатов в слое 0–20 (1) и 0–50 м (3) и их среднеемноголетние значения (2 и 4, соответственно) в оз. Дальнее в 1981–2006 гг.

нитритной и нитратной. В период 2000–2006 гг. преобладающей формой азота в озере, в основном, был аммоний. На его долю приходилось в среднем 67% всего минерального азота. Присутствие аммонийного азота в водоёме определяется количеством зашедших на нерест производителей нерки, величиной стока, интенсивностью процессов аммонификации азотсодержащих соединений, поступлением аммония в результате прижизненных выделений гидробионтов и потреблением его фитопланктоном (Зенин, Белоусова, 1988; Никаноров, 1989). Содержание аммония в слое 0–50 м в 2000–2006 гг., в среднем, составило 0,09 мг N/л, с максимумом концентрации 0,18 мг N/л в 2004 г., когда значительное его количество образовалось при минерализации органического вещества, поступившего с отнерестовавшей неркой в 2003 г. (более 30 тыс. шт.) (рис. 7).

Нитратный азот поступает в озеро с поверхностным и грунтовым стоком и образуется при нитрификации аммонийных ионов в присутствии кислорода под действием нитрифицирующих бактерий (Зенин, Белоусова, 1988; Никаноров, 1989). Содержание нитратов в озерных водах в 2000–2006 гг. варьировало в небольших пределах: от 0,02 до 0,09 мг N/л (рис. 7). Минимальное количество нитратного азота было отмечено в 2002 г. Наибольшее повышение концентрации нитратов в озере происходило в 2006 г., что, вероятно, было связано с уменьшением его потребления в условиях пониженного содержания в эвфотическом слое минерального фосфора.

Нитриты являются промежуточной формой окисления азота и содержатся в озере в небольшом количестве. В 2000–2006 гг. межгодовые колебания концентрации нитритного азота не превышали тысячной доли мг и в среднем составили 0,003 мг N/л (рис. 7).



Рис. 7. Межгодовые изменения концентрации минеральных форм азота в слое 0–50 м в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

К р е м н и й. Воды оз. Дальнее характеризуются повышенным содержанием кремния. Его количество в слое 0–50 м колебалось от 3,0 мг/л (2000 г.) до 4,6 мг/л (2002 и 2006 гг.). Средняя концентрация кремния за 2000–2006 гг. составила 4,1 мг/л. Межгодовая динамика его содержания в верхнем двадцатиметровом слое, в основном, соответствовала изменениям в слое 0–50 м, за исключением повышения его концентрации в эвфотическом слое в 2005 г. (рис. 8).

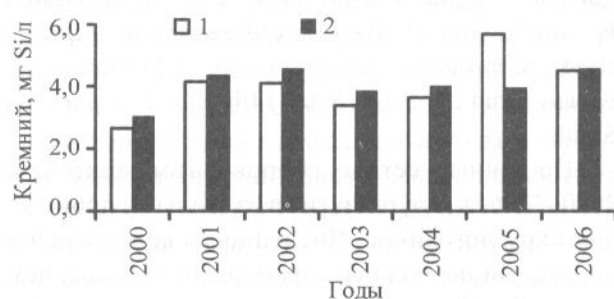


Рис. 8. Межгодовые изменения концентрации кремния в слоях 0–20 (1) и 0–50 м (2) в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

Ж е л е з о. Содержание железа в слое 0–50 м в исследуемые годы, в среднем, составляло 0,05 мг/л, с максимумом концентрации 0,07 мг/л в 2001 г. В 2000 и 2006 гг. железо в озёрной воде было отмечено в следовых количествах. Сравнение межгодовых изменений содержания железа в эвфотическом слое показало, что наибольшее повышение его концентрации в этом слое происходило в 2005 г. (рис. 9).

Гидробиологический режим

Применение методов световой и электронной сканирующей микроскопии позволило уточнить и дополнить систематический состав фитопланктона оз. Дальнее (Шкурина и др., 2004, 2005; Шкурина, Белякова, 2006). Согласно данным этих авторов, в

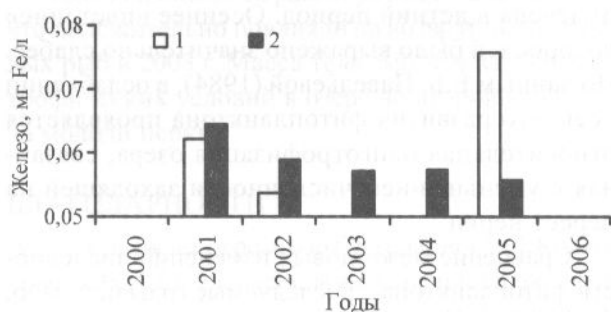


Рис. 9. Межгодовые изменения концентрации железа в слоях 0–20 (1) и 0–50 м (2) в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

1946–1980 гг. Bacillariophyta составляли основу первого трофического уровня экосистемы оз. Дальнее, и в определенные периоды преобладали как по численности, так и по видовому составу по сравнению с другими группами водорослей. В диатомовой флоре было обнаружено 110 таксонов видового и внутривидового ранга (103 вида), относящихся к 41 роду, 21 семейству, 11 порядкам и 3 классам. Несмотря на обилие таксонов диатомовых водорослей, к массовым относились всего 9 видов из семейств Stephanodiscaceae и Fragilariaceae: *Cyclotella bodanica* Eulens., *Fragilaria bidens* Heib., *F. capucina* Desm., *F. vaucheriae* (Kütz.), *Stephanodiscus alpinus* Hust., *S. minutulus* (Kütz.) Cleve et Möller, *S. cf. parvus* Grun., *S. ulna* (Nitzs.) Ehrenb., *S. tenera* W. Smith.

По данным сетных сборов фитопланктона в 2000–2006 гг., его развитие в оз. Дальнее происходило круглогодично. Численность водорослей в подледный период была на порядок меньше, чем летом. Доминирующим видом в сетном планктоне являлась *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Haworth, составляющая от 70 до 90% общей численности водорослей. Из субдоминантов в озере наиболее многочисленны были *Asterionella formosa* Hassall и *S. ulna*. Эпизодически и в небольшом количестве встречались *Fragilaria capucina*, *F. crotonensis*, *Cymbella* sp., *Anabaena* sp. Летний пик численности фитопланктона приходился обычно на июль, когда после стока талых вод и весеннего перемешивания в верхних горизонтах увеличивалась концентрация биогенных элементов и повышалась температура воды в озере. Нехватка биогенов в эпилимнионе приводила к ослаблению «цветения» водорослей в августе–сентябре, несмотря на максимальный прогрев водоема. Вторая вспышка численности фитопланктона была приурочена к периоду осеннего перемешивания и происходила при новом поступлении биогенных элементов в эвфотический слой. В 2000–2006 гг. наибольшая численность фитопланктона была отмечена в летний период. Осеннее «цветение» водорослей было выражено значительно слабее. По данным Е.Б. Павельевой (1984), в ослаблении осеннего развития фитопланктона проявляется относительная олиготрофизация озера, связанная с уменьшением численности заходящей на нерест нерки.

Сравнение межгодовых изменений численности фитопланктона в исследуемые годы показало, что наиболее продуктивными по этому показателю являлись 2005–2006 гг. (рис. 10). Рост численности планктонных водорослей в эти годы происходил

на фоне повышенного содержания кремния в эвфотическом слое (рис. 8).

К важнейшим компонентам озёрной экосистемы относится зоопланктонное сообщество. В общем круговороте вещества и энергии зоопланктон связывает первичную продукцию с молодью рыб и определяет кормовые ресурсы водоема. Молодь нерки нагуливается в пелагиали озера от одного до трех лет и питается в это время, преимущественно, планктонными ракообразными (Марковцев, 1972; Тиллер, 1978; Крогиус и др., 1987).

Сообщество пелагических планктонных ракообразных в оз. Дальнее представлено небольшим количеством видов. Из Copepoda в 2000–2006 гг. в озере развивался только *Cyclops scutifer* Sars, из Cladocera — *Daphnia longiremis* Sars., *D. galeata* Sars и *Bosmina longirostris* s. lato Müller. Первые два вида встречались в планктоне в течение всего года, а последние — в летне-осенний период. Во все сезоны года ведущим по численности видом являлся *C. scutifer*.

Колебания численности нагуливающейся молоди, зависящие от величины заходов нерки, определяют межгодовые изменения биомассы ракообразных. В течение 1938–2006 гг. выделяется два периода снижения биомассы, соответствующие наибольшей численности дальнеозёрской нерки (1938–1945 и 1984–1992 гг.) (рис. 11). На основании многолетних изменений биомассы ракообразных была принята классификация условий нагула молоди нер-

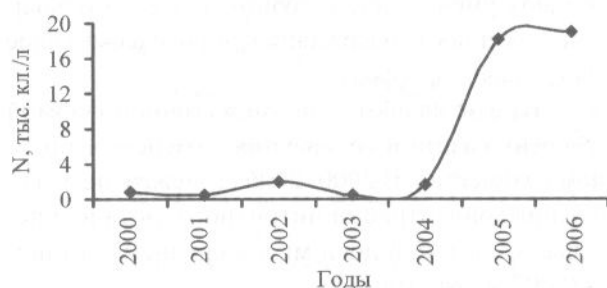


Рис. 10. Межгодовые изменения численности «сетного» фитопланктона (N) в пелагиали оз. Дальнее в 2000–2006 гг.



Рис. 11. Межгодовые изменения биомассы ракообразных (B) в оз. Дальнее в 1938–2006 гг.

ки в оз. Дальнее. Диапазон от 0,350 до 0,650 г/м³ является средним, биомасса меньше 0,350 г/м³ — низкой, больше 0,650 г/м³ — высокой.

В 2000–2006 гг. биомасса ракообразных, за исключением 2001 г., находилась на среднем уровне или выше. Наиболее благоприятные условия нагула молоди нерки сложились в 2000 г., когда прирост биомассы превысил ее убыль от выедания. Хорошие условия пресноводного нагула повлияли на кратность возврата половозрелых рыб: в результате в 2003 г. численность нерки, зашедшей в озеро на нерест, превысила 30 тыс. экз.

Между численностью молоди нерки и биомассой кормовых ракообразных в оз. Дальнее существует тесная обратная связь. Снижение биомассы ракообразных происходит при усилении пресса рыб при нагуле наибольшего количества молоди в озере. В период низкой численности потребителей биомасса возрастает (Вецлер, 2007а). В 2000–2006 гг. подходы рыб-производителей составляли 0,6–30,0 тыс. шт. Количество молоди, скатывающейся в эти годы из озера, колебалось от 20 до 80 тыс. экз. В 1937–1947 гг., при максимальной численности дальнеозёрского стада нерки, количество покатников, в среднем, составляло 125 тыс. шт. (Крогиус и др., 1969).

В 2000–2006 гг., при невысоких подходах половозрелой нерки на нерест, в скате, вероятно, преобладали двухгодовики, что подтверждают данные по средней массе покатников (18,7–25,5 г). Масса смолтов, в основном, определялась биомассой кормового зоопланктона во второй год нагула молоди нерки (рис. 12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2000–2006 гг. в оз. Дальнее сложились благоприятные термические и гидрологические условия. Исследуемый семилетний период, в основном,

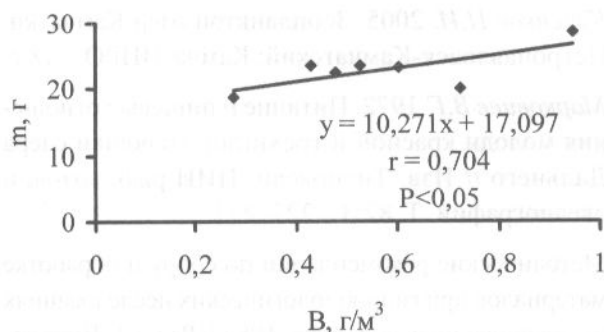


Рис. 12. Связь между биомассой кормовых ракообразных (B) и массой смолтов (m) в оз. Дальнее в 2000–2006 г.

характеризовался потеплением и полным перемешиванием озерных вод. Неполное весеннее перемешивание было отмечено только в 2000–2001 и 2003 гг., а к ряду холодных лет относились всего два года: 2004–2005.

В результате снижения поступления фосфора с нерестующей неркой и расходования запасов фосфатов, аккумулированных в придонном слое, в 2000–2006 гг. в озере прослеживалась тенденция к постепенному уменьшению содержания минерального фосфора во всей водной массе. Благодаря особенностям трансформации фосфора в водоёме, количество фосфатов в эвфотическом слое было на достаточно высоком уровне при низкой концентрации их у дна и во всей толще воды. Доминирующей формой азота в исследуемые годы, в основном, являлся аммоний. Значительное повышение его концентрации в озерных водах происходило в 2004 г. при минерализации органического вещества, поступившего с отнерестовавшей неркой в предшествующий год. Содержание железа и кремния в воде озера было подвержено значительным межгодовым колебаниям, что, вероятно, определялось поступлением со стоком и динамикой внутриводоемных процессов.

«Сетной» фитопланктон в пелагиали оз. Дальнее в исследуемые годы был представлен, в основном, диатомовыми водорослями, среди которых доминировала *Aulacoseira subarctica*. Наибольшим ростом численности планктонных водорослей характеризовались 2005–2006 гг.

Доминирующей формой кормового зоопланктона во все сезоны являлся *Cyclops scutifer*. В летне-осеннее время в планктоне озера развивалась не отмечаемая ранее *Daphnia galeata*. Появление этого вида ракообразных, очевидно, было связано с происходящим процессом потепления озёрных вод.

В 2000–2006 гг. кормовые условия для нагула молоди нерки были, в основном, хорошие. Наиболее высокой биомасса ракообразных была в 2000 г., что положительно повлияло на возврат половозрелых рыб в 2003 г. Масса тела смолтов зависела от трофических условий в озере во второй год нагула молоди нерки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает огромную благодарность Т.К. Уколовой и В.Д. Свириденко, за выполнение гидрохимических анализов, и всем сотрудникам Дальнеозёрского наблюдательного пункта, принимавшим участие в сборе материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А., Семёнов А.Д., Скопинцев Б.А. 1973. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 269 с.
- Вещлер Н.М. 1992. Изменение структуры зоопланктонного сообщества при увеличении численности красной в озере Дальнем (Камчатка) // Экология. № 6. С. 56–61.
- Вещлер Н.М. 2006а. Влияние рыб, как фактор изменения видового состава зоопланктонного сообщества озера Дальнее (Камчатка) // Тез. докл. IX съезда Гидробиол. общества РАН (Тольятти, 18–22 сентября 2006 г.) Тольятти: ИЭВБ РАН. Т. 1. С. 79.
- Вещлер Н.М. 2006б. Многолетние колебания температуры воздуха в бассейне озера Дальнее (п-ов Камчатка) и их влияние на термический режим водоёма // Матер. Дальневост. регион. конф. «Геология, география и биологическое разнообразие северо-востока России», посвящённой памяти А.П. Васильковского (Магадан, 28–30 ноября 2006 г.). Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С. 206–209.
- Вещлер Н.М. 2007а. Многолетние изменения биомассы ракообразных и условий нагула молоди нерки в пелагиали озера Дальнее // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое использование биологических ресурсов внутренних водоёмов» (Волгоград, 13–17 августа 2007 г.). Волгоград: Волгоградское отд. ФГНУ ГосНИОРХ. С. 57–60.
- Вещлер Н.М. 2007б. Структурные особенности и динамика зоопланктонного сообщества озера Дальнее (Камчатка). Тез. докл. III междунар. конф. «Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск – Нарочь, 17–22 сентября 2007 г.). Минск: Издат. центр БГУ. С. 208.
- Вещлер Н.М. 2007в. Условия нагула молоди нерки в пелагиали озера Дальнее в 1999–2005 гг. // Матер. VIII междунар. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 27–28 ноября 2007 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 25–28.
- Вещлер Н.М., Погодаев Е.Г. 2004. Состояние экосистемы озера Дальнего (прошрое, настоящее, будущее). Многолетняя динамика пелагических ракообразных // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 44–50.
- Вещлер Н.М., Уколова Т.К., Свириденко В.Д. 2006. Гидрохимический режим оз. Дальнее в 1999–2004 гг. // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 142–149.
- Зенин А.А., Белоусова Н.В. 1988. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 239 с.
- Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука. Т. 1. С. 140–416.
- Кожеевников Б.П. 1970. Многолетние изменения количества пелагического зоопланктона в оз. Дальнем и их причины // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 73. С. 115–121.
- Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Менишуткин В.В. 1969. Сообщество пелагических рыб озера Дальнего. Л.: Наука, 86 с.
- Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Менишуткин В.В. 1987. Тихоокеанский лосось (нерка) в экосистеме оз. Дальнего (Камчатка). Л.: Наука. 200 с.
- Крохин Е.М. 1948. Паратунские озера (докторская диссертация). М.: Ин-т Географии АН СССР. 286 с.
- Крохин Е.М. 1957. Источники обогащения нерестовых озёр биогенными элементами // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 45. С. 29–35.
- Крохин Е.М. 1959. О влиянии количества отнерестовавших в озере производителей красной (*Oncorhynchus nerka*) на режим биогенных элементов // Докл. АН СССР. Т. 128, № 3. С. 626–627.
- Крохин Е.М. 1967. Влияние размеров пропуска производителей красной на фосфатный режим нерестовых озёр // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 57. С. 31–54.
- Куренков И.И. 1975. Жизненный цикл *Daphnia longiremis* Sars в оз. Дальнем (Камчатка) // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 97. С. 115–128.
- Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озёр Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 178 с.
- Марковцев В.Г. 1972. Питание и пищевые отношения молоди красной и трёхиглой колюшки озера Дальнего // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 82. С. 227–233.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. 1984 // Ред. Г.Г. Винберг и Г.М. Лаврентьева. Л.: Промрыбвод. 19 с.

- Никаноров А.М. 1989. Гидрохимия: учеб. пособие. Л.: Гидрометеиздат, 351 с.
- Павельева Е.Б. 1984. Уровень трофии оз. Дальнего (Камчатка) в 70-х годах // Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. М: Наука. С. 189–198.
- Погодаев Е.Г. 1993. Значение пресноводного периода в формировании цикличности поколений нерки озера Дальнего // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 2. С. 107–116.
- Погодаев Е.Г. 2001. Пресноводная, морская выживаемость и урожайность поколений нерки озера Дальнего (Камчатка) // Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. «Прибрежное рыболовство — XXI век» (Южно-Сахалинск, 19–21 сентября 2001). Южно-Сахалинск: Сахалин. обл. кн. изд-во. С. 144–145.
- Погодаев Е.Г. 2002. Состояние экосистемы оз. Дальнего (прошлое, настоящее, будущее). Фосфатный режим // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 6. С. 291–295.
- Сорокин Ю.И., Павельева Е.Б., Васильева М.И. 1974. Особенности первичной продукции лососевого озера // Журн. общ. биологии. Т. 35. № 5. С. 746–755.
- Тиллер И.В. 1978. Селективность питания молоди красной в озере Дальнем // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 102. С. 67–71.
- Шкурина Н.А., Лепская Е.В., Белякова Г.А. 2004. Диатомовые водоросли озера Дальнее (Камчатка) // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 88–93.
- Шкурина Н.А., Лепская Е.В., Белякова Г.А. 2005. Диатомовые водоросли озера Дальнее (Камчатка) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 3. С. 214–222.
- Шкурина Н.А., Белякова Г.А. 2006. Водоросли сем. Gomphonemataceae в озере Дальнее (Камчатка) // Матер. междунар. конф. «Грибы и водоросли в биоценозах — 2006», посвященной 75-летию Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, 31 января – 3 февраля 2006 г.). М.: МГУ. С. 180–181.