

УДК 574.587

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МАКРОЗООБЕНТОСА ОСНОВНЫХ БИОТОПОВ ОЗЕРА СЯМОЗЕРО (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

С. А. Павловский

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Изучено состояние макрозообентоса основных биотопов Сямозера: затишной зарослевой и прибойной песчаной литорали, илов профундали и каменистых луд. Состав макрозообентоса оз. Сямозера включает 182 таксона беспозвоночных, относящихся к 7 типам, 10 классам, 19 отрядам и 66 семействам. Наибольшим разнообразием (52 вида и рода) отличается сем. Chironomidae. Максимальные биомассы макрозообентоса характерны для затишной зарослевой литорали (8,7 г/м²) и илов профундали (7,3 г/м²). Меньшие биомассы отмечены для камней каменисто-песчаных луд (5,7 г/м²) и песчаной прибойной литорали (2,8 г/м²). Амплитуда многолетних колебаний (1954–1993 гг.) средней биомассы макрозообентоса на мягких грунтах Сямозера по осенним показателям изменялась от 0,9 до 5,4 г/м². По структуре и величине биомассы макрозообентоса Сямозера относится к мезогумозным мезотрофным озерам хирономидной группы или, по «шкале трофности», – к α -мезотрофным.

К л ю ч е в ы е с л о в а: макрозообентос, мониторинг, структура, биомасса, численность, биотоп, продукция.

S. A. Pavlovsky. COMPARATIVE CHARACTERISTICS AND LONG-TERM CHANGES OF MACROZOOBENTHOS IN MAJOR BIOTOPES OF LAKE SYAMOZERO (SOUTHERN KARELIA)

The structure of macrozoobenthos of Lake Syamozero was determined and updated through long-term studies. It comprises 182 taxa of invertebrates (7 types, 10 classes, 19 orders and 66 families). The Chironomidae family stood out for the greatest diversity (52 species and genera). The state of the main macrozoobenthos habitats in Lake Syamozero was studied. The highest biomass values were found in quiet overgrown littoral zones (8.7 g/m²) and profundal silts (7.3 g/m²); the lowest biomass values – in stony-sandy shallow zones (5.7 g/m²) and sandy littoral zones (2.8 g/m²). The amplitude of long-term fluctuations of macrozoobenthos average biomass on soft substrates of Lake Syamozero in autumn varied from 0.9 to 5.4 g/m². In terms of macrozoobenthos structure and biomass Lake Syamozero is a mesohumic mesotrophic lake of the chironomid group or, if placed on the trophic status scale – an α -mesotrophic lake.

К e y w o r d s: macrozoobenthos, monitoring, structure, biomass, abundance, habitat, production.

Введение

Организмы зообентоса – удобный объект для мониторинга пресноводных водоемов. Донные беспозвоночные характеризуются широким экологическим спектром, крупными размерами, приуроченностью к конкретному местообитанию и достаточной продолжительностью жизни, позволяющей им аккумулировать загрязняющие вещества [Баканов, 1997].

В Карелии донную фауну изучали в озерах, имеющих важное рыбопромысловое значение [Герд, 1947, 1949, 1965; Александров, 1966; Соколова, 1962, 1977]. К числу таких водоемов относится и оз. Сямозеро, на котором проводятся многолетние наблюдения (с 1932 г.) за динамикой абиотических составляющих водной среды и состоянием основных элементов его экосистемы (фитопланктона, макрофитов, зоопланктона, бентоса и рыб). С 1954 по 1982 гг. в озере произошли изменения [Решетников и др., 1982; Стерлигова и др., 2002]. Увеличение потока биогенов привело к более интенсивному цветению воды в водоеме и снижению прозрачности, что отразилось, в частности, на структуре и количественных характеристиках зоопланктона.

Начало работ по изучению бентоса на Сямозере положено в 1933 г. С. В. Гердом [1947], который определил видовой состав и количественные показатели донных животных. В 1954–1961 и 1973–1974 гг. (период начальной стадии ускорения темпов эвтрофирования водоема) исследования продолжены В. А. Соколовой с группой систематиков [1962, 1977]. Отсутствие с 1974 г. данных о состоянии макрозообентоса Сямозера при мониторинге других элементов экосистемы определило актуальность его изучения. Автором в рамках многолетнего мониторинга (с 1982 по 1993 год) проведены исследования макрозообентоса Сямозера в условиях увеличения интенсивности антропогенного воздействия.

Цель работы заключалась в оценке состояния и исследовании многолетней динамики макрозообентоса Сямозера в указанных условиях.

Материалы и методы

Сеть гидробиологических станций охватывала фактически всю акваторию водоема, и число станций зависело от площади дна, которая соответствует определенной глубине и степени изменчивости условий обитания для донных беспозвоночных. Для отбора количественных проб использовали дночерпатели Экмана-Берджа (площадь захвата 1/44 м²)

и ДАК-250 (модификация дночерпателя Экмана-Берджа, площадь захвата 1/40 м²). Отобранный грунт промывали через сито из капронового газа с размером ячеек 0,4 мм и фиксировали 8%-м раствором формальдегида. На первоначальном этапе работ (1982 г.) для изучения таксономического состава, распределения по глубинам и сезонной динамики биомассы и численности донных беспозвоночных пробы отбирали весной на 60 станциях, летом – на 86 и осенью – на 34. Для сравнительного анализа макрозообентоса, в частности оценки величины продукции, выделено три типичных для озера биотопа: затишная зарослевая литораль, прибойная песчаная литораль, илы профундали (мягкие грунты) и камни каменисто-песчаных луд (мелководий). Для изучения многолетней динамики количественных показателей макрозообентоса использованы данные осенних (октябрьских) съемок с 1982 по 1993 год, характеризующие обилие зообентоса к концу вегетационного сезона. Привлекались данные архива Карельского научного центра РАН за 1954–1961 и 1973–1974 гг. Осенние пробы отбирали на постоянных станциях, расположенных в тех районах, где в 1950–70-х годах В. А. Соколовой собран материал по бентосу. Всего за период исследований (1982–1993 гг.) собрано и обработано 558 количественных проб.

При расчете продукции (P) использовали средние значения биомассы (B) макрозообентоса для трех станций биотопов мягких грунтов, на которых отбирали пробы с июня по октябрь 1987 г. (135 сут). Для отдельных групп животных принимали усредненные (для водоемов Карелии, Ладожского озера и оз. Круглого [Алимов и др., 1986; Кузьменко, 1987]) значения P/B -коэффициентов: Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea – 2,4; Acari – 5; Bivalvia – 1,8; Gastropoda – 2,5; Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera – 1,5; Chironomidae – 3,9; Heleidae – 2,4; Crustacea – 2,5. Продукцию макрозообентоса рассчитывали также по уравнению А. Ф. Алимова: $P_6 = (2,198 \pm 0,496) \cdot B_{cp}$, где B_{cp} – средняя за вегетационный сезон биомасса [Алимов, 1989]. Для ретроспективной оценки величины продукции макрозообентоса мягких грунтов использовали значения биомасс макрозообентоса Сямозера в осенний период предыдущих лет. Материалы обрабатывали по общепринятой методике [Жадин, 1956]. Структурную организацию макрозообентоса анализировали с помощью индексов: Шеннона-Уивера $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, бит/экз., выравненности $I = (H - H_{min}) / (H_{max} - H_{min})$, % и Симпсона $IS = \sum p_i^2$, ($0 \leq IS \leq 1$), где $p_i = n_i / N$, где n_i – число особей i -го вида в коллекции объемом N особей, N – общая численность [Песенко, 1982; Хазов, 2000].

Для анализа данных количественных проб макрозообентоса применяли программу автоматизированной системы обработки гидробиологических данных АСОГД [Хазов, 2000] и программные пакеты Excel и SPSS 11.0 for Windows.

Результаты и обсуждение

Структурный подход к изучению водных экосистем предполагает контроль таких показателей, как видовой состав и разнообразие, численность и биомасса отдельных видов и систематических групп. По частоте встречаемости в пробах главная роль в макрозообентосе всех биотопов принадлежала хирономидам и малощетинковым червям (табл. 1). В зарослевой литорали доминировали двустворчатые моллюски, на камнях луд – брюхоногие моллюски, личинки поденок и ручейников. Максимальная биомасса макрозообентоса наблюдалась в зарослевой литорали, максимальная численность – на камнях луд (табл. 2). Существенную долю в биомассе личинок двукрылых насекомых (Diptera) зарослевой литорали обеспечивали крупные, но малочисленные вислокрылки *Sialis* sp. Двустворчатые моллюски были представлены главным образом родом *Pisidium*, реже встречались *Sphaerium corneum* (Linne 1758). Наибольшее разнообразие по числу видов характерно хирономидам, из них *Tanitarsus gregarius* (Kieffer 1909), подсем. Chironominae, *Prodiamesa bathyphila* (K. 1911), *Psectrocladius dilatatus* (Van der Wulp 1874), *P. psilopterus* (K. 1906) подсем. Orthoclaadiinae и личинки рода *Procladius* обитают в озере повсеместно (чаще *P. ferrungineus* (K. 1919, подсем. Tanipodinae). Максимальная биомасса хирономид (7,3 г/м²) зарегистрирована в глубоководной части озера, где дно выстилают типичные зеленовато-серые илы. Доминирование крупных личинок рода *Chironomus*, индивидуальная сырая масса тела которых достигает 60–70 мг, обеспечивала значительные биомассы в профундали. Наибольшая биомасса малощетинковых червей (в среднем за вегетационный сезон 2,2 г/м² при численности 1119 экз./м²) отмечена в биотопе песчаной прибойной литорали. В диатомовых обрастаниях на камнях луд обитали мелкие олигохеты сем. Naididae. Средние биомасса и численность всех олигохет в этом биотопе составляли соответственно 0,6 г/м² и 2540 экз./м².

На камнях луд брюхоногие моллюски, представленные мелкими видами: прудовиком *Lymnaea palustris* (Müller 1774) и катушками *Anisus contortus* (L. 1758) и *A. vortex* (L. 1758), достигали биомассы 0,9 г/м² и численности 517 экз./м². Биомасса поденок

родов *Heptagenia*, *Baetis* и вида *Leptiphlebia vespertina* (L. 1758) была невелика (0,1 г/м² при численности 95 экз./м²).

Таблица 1. Таксономические группы макрозообентоса основных биотопов Сямозера и их встречаемость в пробах относительно общего числа проб, в % (вегетационный сезон 1982 г.)

Таксон	Литораль		Илы профундали	Камни луд
	затишная зарослевая	песчаная прибойная		
Nematoda	31,0	27,6	2,9	50,0
Oligochaeta	82,8	100,0	<1,0	100,0
Hirudinea	20,7	0	0	75,0
Acar	65,5	65,5	8,8	0
Bivalvia	82,8	27,6	2,9	41,7
Gastropoda	34,5	6,9	0	100,0
Ephemeroptera	58,6	13,8	0	91,7
Plecoptera	0	0	0	16,7
Trichoptera	58,6	6,9	0	100,0
Diptera	65,5	6,9	0	8,3
Chironomidae	93,1	86,2	97,1	100,0
Heleidae	72,4	100,0	0	8,3
Crustacea	51,7	0	0	66,7

Таблица 2. Структурные и количественные характеристики макрозообентоса различных биотопов Сямозера (средние величины за вегетационный сезон 1982 г.)

Показатели	Литораль		Илы профундали	Камни луд
	затишная зарослевая	песчаная прибойная		
Индекс Шеннона, бит/экз.	2,67	1,84	0,44	1,66
Индекс выравненности Пиелу, %	74	55	15	43
Индекс Симпсона (0 ≤ IS ≤ 1)	0,22	0,39	0,88	0,43
Численность, экз./м ²	3094 ± 474	1986 ± 256	181 ± 24	9878 ± 148
Биомасса, г/м ²	8,7 ± 1,1	2,8 ± 0,3	7,3 ± 0,9	5,7 ± 1,0

Список ручейников в Сямозере включал 11 видов и родов. На нижней стороне камней часто встречались *Polycentropus flavomaculatus* (Pictet 1834) и *Cymus flavidus* (McLachlan 1864), изредка – представители рода *Apatania*. Личинки *Atripsodes annulicornis* (Stephens 1836), *A. cinereus* (Curtis 1834) и *Tinodes waeneri* (L. 1758) ранее для Сямозера не отмечались. Биомасса ручейников на камнях луд достигала 1,3 г/м² при численности 690 экз./м².

Анализ структурной организации и обилия макрозообентоса различных биотопов озера показал, что наиболее сложной структурой и наибольшими количественными показателями отличался макрозообентос зарослевой затишной литорали. Здесь зарегистрированы максимальные

значения биомассы, индексов Шеннона-Уивера и выравненности при минимальной величине индекса Симпсона (см. табл. 2). Наиболее примитивно по структурным характеристикам сообщество макрозообентоса илов глубинной части озера. Сообщество макрозообентоса каменисто-песчаных луд по сложности структурной организации находится на одном уровне с таковым песчаной прибойной литорали, но превосходит его по биомассе и лидирует по численности сред сообществ других биотопов.

Таблица 3. Средние показатели за вегетационный сезон структурных и количественных характеристик макрозообентоса на биотопах мягких грунтов Сямозера в разные годы

Показатель	Годы				
	1955	1961	1973	1974	1982
Индекс Шеннона, бит/экз.	1.75	1.69	1.35	1.44	2.07
Индекс выравненности	48	50	39	38	52
Пиелу %					
Индекс Симпсона ($0 \leq IS \leq 1$)	0.41	0.39	0.54	0.55	0.28
Численность (экз./м ²)	689 ± 67	230 ± 38	154 ± 18	281 ± 30	2820 ± 327
Биомасса (г/м ²)	3,3 ± 0,3	1,7 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,5 ± 0,2	2,4 ± 0,2

Исследования многолетней динамики макрозообентоса выявили незначительные колебания средней за вегетационный сезон биомассы с 1955 по 1982 г. (табл. 3). Динамика многолетней осенней биомассы макрозообентоса Сямозера

характеризуется значительными колебаниями при отсутствии тренда (табл. 4), что отмечено и для ряда других озер [Балушкина, 1987; Драбкова и др., 1996].

Главную роль в формировании количественных показателей макрозообентоса в Сямозере во все годы играли, как и во многих озерах [Беляков, 1983; Тодераш, 1984; Балушкина, 1987], личинки хирономид. В 30–50-е годы XX столетия субдоминантами выступали двустворчатые моллюски, в 70–90-е годы – олигохеты [Соколова, 1962], что, по данным автора, характерно для отдельных заливов, но не для озера в целом.

Функциональным показателем, позволяющим оценить скорость образования органического вещества (биомассы) донными сообществами за определенный промежуток времени, служит продукция, которая прямо пропорциональна их биомассе за то же время. Продукция макрозообентоса мягких грунтов за вегетационный сезон (135 сут) 1987 г. (рис. 1), вычисленная по натурным данным и *P/B*-коэффициентам, составила 11,2 г/м², определенная расчетным методом по уравнению [Алимов, 1989] – 13,5 г/м².

Если принять осеннюю биомассу макрозообентоса (5 г/м² в октябре 1987 г.) за величину, близкую к среднегодовой, то величина продукции по осенней биомассе фактически равна рассчитанной по *P/B*-коэффициентам. Исходя из полученных результатов, автор считает приемлемым использовать многолетнюю динамику осенней биомассы макрозообентоса Сямозера для ретроспективной оценки продукции за предыдущие годы (рис. 2).

Таблица 4. Биомасса и численность макрозообентоса озера Сямозера в разные годы (осенний период)

Годы	Биомасса в г/м ² и в % от общей биомассы							Численность в экз./м ² и в % от общей численности						
	Ch.	%	Ol.	%	Biv.	%	Total	Ch.	%	Ol.	%	Biv.	%	Total
1954	1,85	45	1,40	34	0,24	6	4,12 ± 1,45	493	49	416	41	73	7	1004 ± 393
1955	3,27	76	0,50	12	0,30	7	5,42 ± 1,28	422	60	157	22	60	9	702 ± 157
1961	1,54	81	0,10	5	0,20	11	1,91 ± 0,39	134	74	28	17	13	8	177 ± 36
1973	0,64	71	0,13	15	0,01	2	0,90 ± 0,18	156	63	60	25	10	4	248 ± 41
1974	2,41	92	0,09	4	0,05	2	2,60 ± 0,77	168	67	54	22	21	9	249 ± 45
1982	2,70	74	0,56	15	0,17	5	3,65 ± 0,69	854	36	844	36	119	5	2362 ± 618
1983	2,35	75	0,40	13	0,11	4	3,13 ± 0,83	1269	49	640	25	95	4	2570 ± 659
1984	2,95	89	0,10	3	0,04	1	3,30 ± 0,74	707	61	140	12	51	4	1165 ± 375
1985	2,00	55	0,49	14	0,21	14	3,66 ± 1,15	2620	62	795	19	197	5	4242 ± 1289
1986	3,61	71	0,38	7	0,36	9	5,08 ± 0,78	1085	60	231	13	139	10	1806 ± 361
1987	4,09	82	0,24	5	0,30	6	5,00 ± 1,54	339	40	216	25	62	7	858 ± 235
1988	2,10	73	0,23	8	0,31	15	2,86 ± 0,62	740	46	200	13	124	8	1606 ± 595
1989	1,94	68	0,32	11	0,28	11	2,83 ± 0,77	795	48	263	16	48	3	1642 ± 756
1990	3,29	85	0,34	9	0,04	1	3,85 ± 0,95	739	40	262	14	91	5	1920 ± 751
1991	2,59	86	0,21	7	0,06	3	3,00 ± 0,77	1262	57	250	11	95	5	2237 ± 907
1993	1,24	71	0,26	15	0,11	7	1,74 ± 0,36	706	62	253	22	103	9	1143 ± 453

Примечание. Ch. – хирономиды, Ol. – Олигохеты, Biv. – двустворчатые моллюски. Total – общая биомасса и численность всего макрозообентоса. 1954–1974 – результаты расчетов по архивным данным В. А. Соколовой.

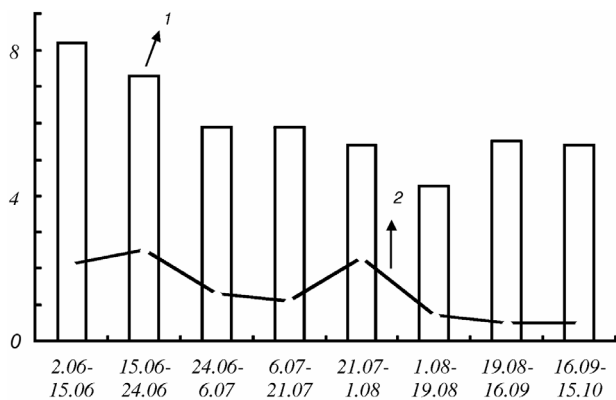


Рис. 1. Динамика биомассы (1) и продукции (2) макрозообентоса биотопов мягких грунтов Сязозера за вегетационный сезон 1987 г.

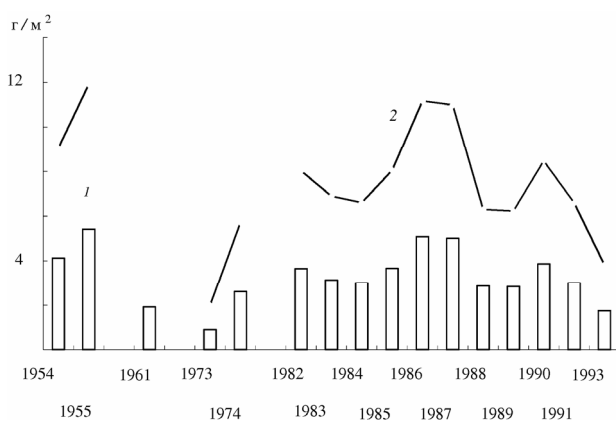


Рис. 2. Многолетняя динамика биомассы (1) и продукции (2) макрозообентоса биотопов мягких грунтов Сязозера

Диапазон колебаний величины среднегодовой продукции с 1954 по 1993 г. составил от 2 до 12 г/м². Первичная продукция за вегетационный сезон в 1980-е годы достигала 757 г/м² [Клюкина, 1977], т. е. продукция макрозообентоса, рассчитанная автором для мягких грунтов за вегетационный сезон 1987 г. (см. рис. 1), составила 1,5 % от продукции фитопланктона.

Уровень продуктивности водных экосистем влияет на величину средней массы обитающих в ней организмов [Алимов, 1989, 2000; Алимов и др., 1997]. Характер многолетних изменений индивидуальной средней массы тела беспозвоночных макрозообентоса исследован на примере сообщества донных животных литорали в Курмойльском заливе, наиболее продуктивном в Сязозере [Соколова, 1962]. Результаты свидетельствуют об изменении соотношения видов в семействе хирономид в сторону увеличения численности более мелких форм (рис. 3).

Индивидуальная средняя масса тела личинок хирономид за период с 1982 по 1993 г. уменьшилась в 3 раза относительно таковой

для 1954–1974 гг. Таким образом, для макрозообентоса Сязозера, в частности хирономид, справедливо предположение об увеличении численности мелких форм организмов при повышении трофности водоема [Алимов, 2000; Павловский, 1999, 2007].



Рис. 3. Динамика индивидуальной средней массы личинок хирономид для осени разных лет на литорали Курмойльского залива (сглаженные данные – результаты дисперсионного анализа при P = 0,99)

Заключение

На основе количественных характеристик исследованные биотопы озера Сязозеро ранжированы в следующем порядке: по биомассе (г/м²) – затишная зарослевая литораль (8,7), или профундали (7,3), каменисто-песчаные луды (5,7), песчаная прибойная литораль (2,8); по численности (экз./м²) – каменисто-песчаные луды (9878), затишная зарослевая литораль (3094), песчаная прибойная литораль (1886), или профундали (181). Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наиболее сложной структурой и наибольшей биомассой отличается макрозообентос зарослевой литорали.

Значительный размах колебаний в ряду многолетних (1954–1993 гг.) наблюдений величин биомассы (0,9–5,4 г/м²), численности (250–4200 экз./м²) и среднегодовой продукции (2–12 г/м²) подтверждает тезис об увеличении амплитуды количественных показателей макрозообентоса при повышении трофического статуса водоема [Беляков, 1983; Балущкина, 1987] и высокой чувствительности северных экосистем к изменениям окружающей среды [Яковлев, 1996].

По структуре и величине биомассы макрозообентоса (данные 1980–90-х годов) Сязозеро следует отнести к мезогумозным с чертами

мезотрофного водоема озерам хирономидной группы по классификации С. В. Герда [1949] или, по «шкале трофности» С. П. Китаева [1984], – к α -мезотрофным.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий», Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития», Минобрнауки РФ (НС-1410.2014.4; Соглашение 8101), гранта РФФИ №12-04-00022а, с использованием оборудования ЦКП ИБ КарНЦ РАН.

Литература

- Александров Б. М.* Донная фауна озер Карелии и ее кормовое значение для рыб // Докл. по мат-лам опубликованных работ, представленных к защите дис. ... канд. биол. наук. Л.: Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, 1966. 17 с.
- Алимов А. Ф.* Продуктивность сообществ беспозвоночных макрозообентоса в континентальных водоемах СССР (обзор) // Гидробиол. журн. 1982. Т. 18, № 2. С. 7–18
- Алимов А. Ф.* Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 150 с.
- Алимов А. Ф.* Связь территориальности водных животных с их размерами // Проблемы гидроэкологии на рубеже веков: тез. международ. конф. СПб., 2000. С. 6–7.
- Алимов А. Ф.* Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 146 с.
- Алимов А. Ф., Ленченко В. Ф., Старобогатов Я. И.* Биоразнообразие, его охрана и мониторинг // Мониторинг биоразнообразия. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. Северцова РАН, 1997. С. 8–25.
- Алимов А. Ф., Финогенова Н. П.* Энергетический баланс бентоса озер Кривого и Круглого // Биологическая продуктивность Северных озер. Л.: Наука, 1975. С. 194–196.
- Алимов А. Ф., Финогенова Н. П., Балушкина Е. В., Аракелова Е. С.* Продуктивность зообентоса // Исследование взаимодействия кормовой базы и рыбопродуктивности. Л.: Наука, 1986. С. 87–124.
- Баканов А. И.* Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем // Мониторинг биоразнообразия. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. Северцова РАН, 1997. С. 278–283.
- Балушкина Е. В.* Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Л.: Наука, 1987. 179 с.
- Беляков В. П.* Видовой состав, численность и биомасса зообентоса // Реакция экосистем озер на хозяйственное преобразование их водосбора. Л.: Наука, 1983. С. 116–129.
- Богданов В. Д.* Эмбриональное развитие обского чира в естественных условиях // Морфология, структура и проблемы рационального использования лососевидных рыб: тез. докл. координационного совещ. по лососевидным рыбам. Л., 1983. С. 16–17.
- Герд С. В.* Кормовые ресурсы озер Карело-Финской ССР // Тр. первой науч.-техн. конф. по рыбной промышленности Карело-Финской ССР. Петрозаводск, 1947. С. 102–108.
- Герд С. В.* Биоценозы бентоса больших озер Карелии // Тр. Карело-Финск. гос. ун-та. Петрозаводск, 1949. 194 с.
- Герд С. В.* Фауна озер Карелии. М.; Л.: Наука, 1965. 333 с.
- Драбкова В. Г., Беляков Е. С., Макарецва В. В. и др.* Изменение биотических связей в планктонных и бентосных сообществах при антропогенном воздействии на озера // Рус. гидробиол. журн. СПб., 1996. № 1. С. 35–43.
- Жадин В. И.* Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Наука, 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 279–382.
- Китаев С. П.* Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. С. 134–135.
- Клюкина Е. А.* Высшая водная растительность // Сямозеро и перспективы его рыбохозяйственного использования. Петрозаводск: Карельск. фил. АН СССР, 1977. С. 43–54.
- Кузьменко К. Н.* Продукционные характеристики бентических беспозвоночных // Современное состояние экосистемы Ладожского озера. Л.: Наука, 1987. С. 137–140
- Павловский С. А.* Донная фауна нерестилищ и ее влияние на выживание икры сямозерского сига // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. х-ва НПО по промышленному и тепловодному рыбоводству. 1987. № 263. С. 99–105.
- Павловский С. А.* Многолетние наблюдения за макрозообентосом Сямозера // Опер.-инф. мат.-лы. КарНЦ РАН, 1999. С. 35–38.
- Павловский С. А.* Структура и динамика макрозообентоса Сямозера: дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2007. 23 с.
- Песенко Ю. А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 283 с.
- Решетников Ю. С., Попова О. П., Стерлигова О. П. и др.* Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема. М.: Наука, 1982. 246 с.
- Сабылина А. А.* Химический состав вод среднего участка реки Шуи // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. Петрозаводск: Карельск. науч. центр РАН, 1998. С. 139–140.
- Смирнов А. Ф.* Рыболовство на Сямозере // Тр. Карельск. пед. ин-та. Петрозаводск, 1939. № 1. С. 127–168.
- Соколов В. Е., Решетников Ю. С.* Мониторинг биоразнообразия в России // Мониторинг биоразнообразия. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. Северцова РАН, 1997. С. 8–14.

Соколова В. А. Кормовые ресурсы бентоса Сямозера / Тр. Сямозер. комплексной экспедиции. Петрозаводск: Карельск. фил. АН СССР, 1962. Т. 2. С. 36–55.

Соколова В. А. Зообентос и его кормовое значение // Сямозеро и перспективы его рыбохозяйственного использования. Петрозаводск: Карельск. фил. АН СССР, 1977. С. 93–114.

Стерлигова О. П., Павловский С. А. Экспериментальное изучение выедания икры сига *Coregonus lavaretus* L. ершом и беспозвоночными // Вопр. ихтиологии. 1984. Т. 24. Вып. 6. С. 1036–1039.

Стерлигова О. П., Павлов В. Н., Ильмаст Н. В. и др. Экосистема Сямозера (биологический режим, использование). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 119 с.

Тодераш И. К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. Кишинев: Штиница, 1984. 171 с.

Фауна озер Карелии / Отв. ред. Ю. И. Полянский. М.; Л.: Наука, 1965. 333 с.

Фрейндлинг В. А. Гидрологическая характеристика Сямозера // Тр. Сямозер. комплексной экспедиции. Петрозаводск: Карельск. фил. АН СССР, 1959. Т. 1. С. 5–73.

Хазов А. Р. Анализ гидробиологических данных и его программная реализация. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 150 с.

Яковлев В. А. Сравнительный анализ структуры сообществ в условиях токсического воздействия и эвтрофирования субарктических лотических и лентических систем // Экологические проблемы Севера европейской территории России: тез. докл. Всерос. совещ. Апатиты, 1996. С. 132–134.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Павловский Сергей Александрович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
тел.: (8142) 561679

Pavlovsky, Sergey

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
tel.: (8142) 769810, 561679