

АНАСТАСИЯ ИВАНОВНА СИДОРОВА

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории гидробиологии, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (Петрозаводск, Российская Федерация)
bolt-nastya@yandex.ru

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА В ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Дана оценка современного состояния макрозообентоса глубоководной части Онежского озера. За последние 15 лет численность макрозообентоса снизилась в 5 раз, биомасса в 2 раза. Выявлен таксономический состав макрозообентоса. В Онежском озере в 2014 году обнаружены 32 таксономические единицы макрозообентоса, в 2015 году – 26. Показано, что доминируют амфиподы, олигохеты и хирономиды по частоте встречаемости и доле в общей биомассе. Доказано, что самые высокие индексы сапробности олигохет приурочены к зонам интенсивного антропогенного воздействия.

Ключевые слова: Онежское озеро, макрозообентос, таксономический состав, сапробность, олигохеты

ВВЕДЕНИЕ

Онежское озеро – это крупнейший после Ладожского озера пресный водоем Европы и европейского северо-запада России. Водоему свойственна высокая лимническая гетерогенность, обусловленная сложной морфометрией дна, изрезанной береговой линией. Для района Онежского озера характерны весьма низкие среднегодовые температуры воздуха (1,8–2,5 °С). Геохимические условия Карельского региона определили особый химический состав донных отложений в центральных глубоководных районах Онежского озера (повышенные уровни железа, марганца, меди и других микроэлементов) [9].

В связи с геоэкологическими и климатическими особенностями региона биота Онежского озера характеризуется высокой пространственно-временной изменчивостью. В рамках биомониторинга Онежского озера оценивали современное состояние макрозообентоса глубоководной части водоема. Зообентос использовали в ходе исследований, поскольку показатели его состояния удовлетворяют многим требованиям к биоиндикаторам, среди которых: повсеместная встречаемость, достаточно высокая численность, относительно крупные размеры, удобство сбора и обработки, сочетание приуроченности к определенному биотопу с определенной подвижностью, достаточно продолжительный срок жизни, чтобы аккумулировать загрязняющие вещества за длительный период [2]. Зообентос, как наиболее долгоживущий и стационарный компонент гидробиоценоза, наиболее четко отражает степень загрязнения, особенно хронического [2], [3].

Глубоководная часть (профундальная) и ультрапрофундальная занимают 46,5 % от общей площади Онежского озера [9]. Этот район включает Центральное Онего, открытые части Пове-

нецкого залива, а также Малое, Большое Онего и некоторые другие районы со значительными глубинами. Районы характеризуются минимальным антропогенным воздействием, незначительным влиянием речного стока, большими глубинами, круглогодичной низкой температурой и сезонным перепадом всего в несколько градусов, высокой насыщенностью кислородом. В донных осадках преобладают глинистые илы с рудной коркой, бедные органическими веществами. Количество видов, способных существовать в таких экстремальных условиях, невелико, и представлены они экологически пластичными формами [6].

Таким образом, цель настоящей работы – изучить современное состояние макрозообентоса и оценить состояние местообитаний глубоководных участков Онежского озера. Задачи: оценить современные количественные показатели (численность и биомассу) макрозообентоса, проанализировать таксономический состав и оценить состояние биотопов с учетом индекса сапробности олигохет.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего обработано 36 проб, отобранных в глубоководных районах озера в 2014 году, 28 проб в 2015 году, а также на анализе архивных и литературных материалов. Количественные пробы бентоса отбирали дночерпателем автоматическим коробчатым (площадью 0,025 м²) на каждой станции по две пробы, промывали через сито № 23 и фиксировали 4 % формалином. Камеральная обработка включала разбор проб, согласно стандартным методикам сбора и первичной обработки материала [8]. Выбор организмов из грунта проводился с использованием микроскопа стереоскопического МСП-2 вариант 2 в модифицированной камере Богорова, специ-

ально изготовленной для разборки бентосных проб под микроскопом. Взвешивание организмов проводили в сыром виде с точностью 0,0001 г. Разобраный и взвешенный материал фиксировался 70 % этанолом. Таксономическая идентификация проводилась с использованием определителей [10], [11], [12], [13], [23].

Для оценки состояния донных местообитаний Онежского озера использовали индекс сапробности олигохет J_s , отражающий отношение массовых и устойчивых в разной степени к загрязнению видов олигохет к общему составу фауны олигохет, согласно данным В. И. Попченко [15]:

$$J_s = \frac{(Nt + Nh + Nf)}{No},$$

где J_s – индекс сапробности олигохет; Nt – средняя численность *Tubifex tubifex* (Müller, 1774); Nh – средняя численность *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, 1862; Nf – средняя численность *Spirosperma ferox* Eisen, 1879; No – средняя численность всех олигохет в бентосе.

В Онежском озере по значению индекса сапробности олигохет J_s , отражающего отношение массовых и устойчивых в разной степени к загрязнению видов олигохет к общему составу фауны олигохет [16], выделены четыре градации качества воды: $J_s = 0,9–1,0$ – сильно загрязненная; $J_s = 0,5–0,89$ – загрязненная; $J_s = 0,30–0,49$ – слабо загрязненная; $J_s < 0,30$ – чистая и относительно чистая.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Численность и биомасса макрозообентоса

В 2014 году средняя численность составила 492 экз./м², средняя биомасса – 1,7 г/м², в 2015 году – 1284 экз./м² и 4,2 г/м² соответственно (см. табл. 1). Доминируют амфиподы, олигохеты и хирономиды по частоте встречаемости и доле в общей биомассе. Более 75 % биомассы животных приходится на амфипод и олигохет.

Как известно, в последние десятилетия в пресноводных водоемах происходят трансформации из-за эвтрофикации и инвазий чужеродных видов, например, в оз. Тахо [20], оз. Эри [22] и оз. Ладожском [7]. В Онежском озере за последние 15 лет наблюдается заметное изменение экосистемы, связанное с действием климатического, антропогенного факторов и биоинвазий [5]. Многофакторное воздействие повлекло резкое снижение численности и биомассы глубоководных сообществ макрозообентоса. Результаты нашего исследования подтвердили, что в глубоководном районе Онежского озера в последние 15 лет численность бентоса снизилась в 5 раз, биомасса – в 2 раза (табл. 1). При этом изменения коснулись бентоса, обитающего на глубинах 30 м и более.

Отдельные заливы, Кондопожская и Петрозаводская губы испытывают наиболее сильное антропогенное воздействие, в результате чего

их экосистемы перешли в разряд мезотрофных, а по отдельным гидробиологическим показателям приобрели черты эвтрофии [9]. Особенно их вершинные районы испытывают наибольшие нагрузки, что определяет характер их донных сообществ. В этих районах произошли значительные изменения гидробиологического режима при наличии в каждом из них отличительных черт в масштабах воздействия на сообщества и степени нарушенности последних. Заливы выделяются в целом высоким количественным развитием макрозообентоса, обилие которого выше, чем в открытом плесе (рис. 1). В сообществах наблюдаются неблагоприятные структурные преобразования, в особенности заметные на участках непосредственного антропогенного влияния. Они проявляются в снижении качественного разнообразия за счет исчезновения наиболее чувствительных к ухудшению экологических условий типичных представителей фауны олиготрофных водоемов, которых замещали и постепенно формировали состав доминирующего комплекса наиболее толерантные эврибионтные формы [14], [21].

В Кондопожской губе основным загрязняющим фактором являются сточные воды ЦБК, содержащие большой набор органических и минеральных токсических веществ. Плотность донного населения губы в 2014 году составляла 1000 экз./м², биомасса – 2,6 г/м², в 2015 году численность макрозообентоса достигла 1376 экз./м² при биомассе 5,9 г/м². В районе, расположенном вблизи выпусков, кроме различных высокотоксичных химических соединений, сточные воды содержат и значительные количества взвешенных веществ, древесных остатков и древесной ваты, оседающих на дно толстым слоем и способствующих созданию здесь мертвой зоны [6], [19], [21]. На некотором расстоянии от выпуска сточных вод во все сезоны года доминируют олигохеты (см. рис. 1).

Вторым наиболее эвтрофируемым районом Онежского озера является Петрозаводская губа. Резкое увеличение фосфорной нагрузки ($P_{\text{общ}}$) на Петрозаводскую губу началось в 1980-е годы. До середины 1990-х годов ее величины от Петрозаводского промузла достигали 2,7, а с речным стоком – 1,2 г · м⁻² · год⁻¹. С конца 1990-х ситуация изменилась. Нагрузка $P_{\text{общ}}$ с речным стоком (1,6 г · м⁻² · год⁻¹) стала преобладать над таковой от промузла – 1,4 г · м⁻² · год⁻¹ [18]. Активный гидродинамический режим, седиментация взвешенного стока рек Шуя, Неглинка и Лососинка, влияние промышленных и хозяйственных сточных вод г. Петрозаводска определяют разнородность в распределении и составе бентоса Петрозаводской губы [17]. Здесь средняя численность донных организмов в 2014 году составила 1000 экз./м² при биомассе 3,4 г/м², в 2015 году численность достигала 2680 экз./м² при средней биомассе 4,6 г/м². Макрозообен-

Таблица 1

Состав и среднегодовые количественные характеристики
макрозообентоса Онежского озера в 2001–2015 годах
(за пределами литоральной зоны)

Таксон	N	EN	N %	B	EB	B %	f %
2001–2006 *							
Hydrozoa	<1	0,35	0,01	0,08	0,06	< 0,01	1
Turbellaria	13	2,42	0,25	3,92	1,33	0,06	15
Oligochaeta	3283	441,76	68,43	2781,71	254,65	40,35	99
Hirudinea	<1	0,14	0,01	0,98	0,59	0,01	1
Aranei	<1	0,08	< 0,01	0,03	0,03	< 0,01	<1
Hydracarina	10	1,75	0,21	2,27	0,49	0,03	21
Amphipoda	816	75,04	17,85	2932,51	285,64	42,53	76
Bivalvia	91	14,55	1,91	114,95	18,4	1,67	37
Gastropoda	4	3,37	0,09	23,77	18,7	0,34	2
Ephemeroptera	<1	0,2	0,01	0,18	0,12	< 0,01	1
Trichoptera	1	0,39	0,01	1,48	1,39	0,02	2
Heteroptera	<1	0,08	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	<1
Coleoptera	<1	0,08	< 0,01	0,05	0,05	< 0,01	<1
Diptera	<1	0,16	< 0,01	0,08	0,08	< 0,01	<1
Chironomidae	538	50,18	11,18	1021,06	182,39	14,81	96
Ceratopogonidae	<1	0,12	< 0,01	0,08	0,06	< 0,01	1
Mysidacea	1	0,24	0,02	9,96	5,56	0,14	3
Chaoboridae	<1	0,24	0,01	1,64	0,73	0,02	2
Сумма	4759	452,05	100	6894,77	441,8	100,00	
2007–2013**							
Turbellaria	57	0,01	1,89	24,05	0,01	0,55	22
Oligochaeta	1526	0,23	50,61	1381,97	0,13	31,84	97
Hirudinea	44	0,02	1,46	205,50	0,21	4,74	1
Hydracarina	53	0,01	1,74	16,62	0,00	0,38	19
Amphipoda	836	0,06	27,72	1891,32	0,24	43,58	68
Bivalvia	78	0,00	2,57	32,91	0,01	0,76	21
Ephemeroptera	26	0,01	0,85	163,80	0,16	3,77	3
Trichoptera	14	0,01	0,46	7,00	0,00	0,16	1
Chironomidae	316	0,05	10,47	387,12	0,07	8,92	81
Mysidacea	11	0,01	0,36	89,00	0,09	2,05	1
Chaoboridae	35	0,01	1,15	128,86	0,03	2,97	5
Heleidae	22	0,01	0,72	11,80	0,00	0,27	3
Сумма	3016	0,42	100,00	4339,94	0,95	100,00	
2014							
Oligochaeta	228,33	0,05	46,39	524,78	0,10	30,95	86
Amphipoda	195,00	0,04	39,62	922,83	0,21	54,42	75
Bivalvia	1,67	0,00	0,34	17,44	0,02	1,03	6
Chironomidae	67,22	0,02	13,66	230,57	0,10	13,60	72
Сумма	492,22	0,11	100,00	1695,62	0,44	100,00	
2015							
Oligochaeta	827,14	0,36	64,40	1202,71	0,24	28,47	93
Amphipoda	307,14	0,10	23,92	2360,00	0,82	55,87	71
Chironomidae	150,00	0,05	11,68	661,14	0,28	15,65	75
Сумма	1284,29	0,51	100,00	4223,86	1,35	100,00	

Примечание. Объем выборки – 271 проба (2001–2006 годы), 151 проба (2007–2013 годы), 36 проб (2014 год), 28 проб (2015 год); N – средняя численность экз./м², EN – ее ошибка, N % – относительная численность; B – средняя биомасса, мг/м², EB – ее ошибка, B % – относительная биомасса; f % – встречаемость. * – по: [17]. ** – архивные данные Т. Н. Поляковой.

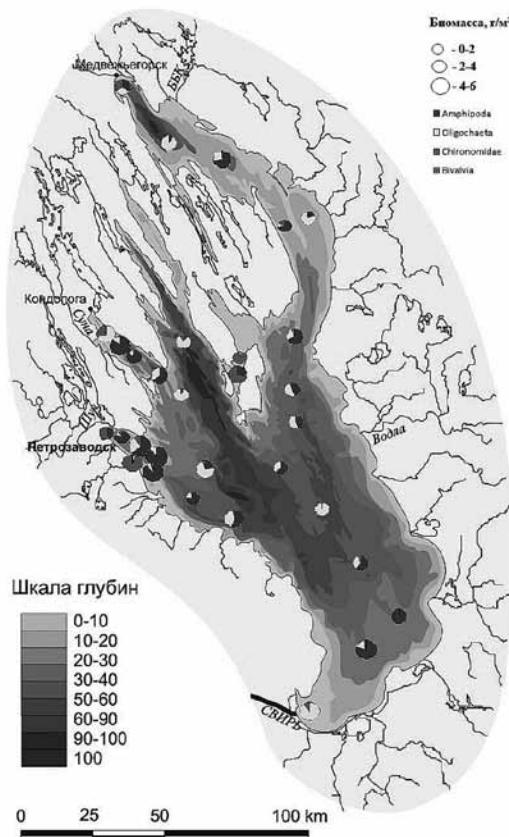


Рис. 1. Состав макрозообентоса и распределение его биомассы в 2014 году

тос был представлен тремя группами: олигохетами, личинками хирономид и амфиподами (см. рис. 1). Максимальными значениями выделяются бентические группировки внешней части губы, где плотность рачков достигала 11400 экз./м² в 2015 году.

Таксономический состав макрозообентоса Онежского озера

В Онежском озере в 2014 году обнаружены 32 таксономические единицы макрозообентоса, в 2015 году – 26. Всего в Онежском озере было обнаружено 14 видов олигохет в 2014 году и 10 видов в 2015 году (табл. 2). Самыми распространенными видами малощетинковых червей в 2014 году в Онежском озере стали стенотермные виды *Lamprodrillus isoporus* и *Lumbriculus variegatus*. Данные виды встречались повсеместно, кроме Кондопожской губы. Амфиподы в период исследования были представлены в основном видом *Monoporeia affinis*, единично были отмечены *Pallaseopsis quadrispinosa* и *Gammarus lacustris*. Из личинок хирономид в центральной части озера и Большом Онего был отмечен вид *Trissocladius parataticus*, данный вид является чувствительным индикатором загрязнения [21]. В Кондопожской губе преобладает по частоте встречаемости эвритопный род из личинок хирономид *Chironomus* sp.

Индекс сапробности олигохет

В рамках биомониторинга Онежского озера оценивали современное состояние донных местообитаний макрозообентоса глубоководной части водоема, применяя индекс сапробности олигохет (соотношения массовых и устойчивых к загрязнению олигохет к общей массе этой группы животных) [16]. Гидробиологи давно используют олигохет в качестве биоиндикаторов. Отмечено, что, обычно немногочисленные в чистых гидробиоценозах, они развиваются в местах спуска бытовых вод в огромном количестве. Поэтому массовое развитие олигохет даже без точного определения до вида расценивается как показатель органического загрязнения [3].

Результаты показали, что наиболее высокие индексы сапробности приурочены к зонам интенсивного антропогенного воздействия (рис. 2).

Так, для зоны интенсивного антропогенного воздействия, вызывающего угнетение амфипод (вплоть до их исчезновения), рассчитаны высокие значения индекса сапробности олигохет, что соответствует загрязненной ($J_s = 0,5–0,89$) и сильно загрязненной ($J_s = 0,9–1,0$) среде. Значительное увеличение уровня антропогенного воздействия на водоем ведет к упрощению экологической структуры донных сообществ или к

Таблица 2

Представители макрозообентоса, характерные для Онежского озера (данные за 2014–2015 годы)

Группы	Таксоны	2014	2015
Oligochaeta	<i>Alexandrovina ringulata</i> (Sokolskaja, 1961)	+	+
	<i>Amphichaeta leydigi</i> Tauber, 1879	+	
	<i>Ilyodrilus templetoni</i> (Southern, 1909)	+	
	<i>Lamprodrillus isoporus</i> (Michaelson, 1901)	+	+
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	+	+
	<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)	+	+
	<i>Nais simplex</i> Piguët, 1906		+
	<i>Potamothenis heuscheri</i> (Bretscher, 1900)	+	
	<i>Pristina longiseta</i> Ehrenberg, 1828	+	
	<i>Propappus volki</i> Michaelson, 1916	+	
	<i>Rhyacodrilus coccineus</i> (Vejdovský, 1875)	+	
	<i>Slavina appendiculata</i> (Udekem, 1855)		+
	<i>Sperosperma ferox</i> Eisen, 1879	+	+
	<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparede, 1862	+	+
	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	+	+
	<i>Vejdovskyella comata</i> (Vejdovsky, 1884)	+	
	<i>Vejdovskyella intermedia</i> (Bretscher, 1896)		+
Chironomidae	Chironomidae pupi		+
	Chironomus sp.	+	+
	<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer, 1913)	+	+
	<i>Heterotrissocladius</i> gr. <i>marcidus</i>	+	+
	<i>Lauterbornia coracina</i> Kieffer, 1911	+	
	<i>Limnophyes karelicus</i> (Tshernovskij, 1949)	+	+
	Macropelopia sp.	+	
	Orthoclaadiinae pupi	+	
	<i>Paracladopelma camptolabis</i> (Kieffer, 1913)	+	
	<i>Paratrichocladius inaequalis</i> Kieffer, 1926		+
	<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	+	
	<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank, 1803)	+	+
	Procladius sp.	+	+
	<i>Prodiamesa bathyphila</i> Kieffer, 1918	+	+
	Stictochironomus sp.		+
	Tanytarsus sp.		+
	Tanytarsus gr. <i>gregarius</i>	+	+
	Thienemannimyia gr. <i>Lentiginosa</i>		+
	<i>Trissocladius parataticus</i> (Tshernovskij, 1949)	+	+
Amphipoda	<i>Monoporeia affinis</i> (Lindström, 1855)	+	+
	<i>Gammarus lacustris</i> Sars, 1867	+	
	<i>Pallaseopsis quadrispinosa</i> (G. O. Sars, 1867)	+	+
Bivalvia	Bivalvia	+	

их экологическому регрессу. Сообщества бентических животных при такой техногенной нагрузке адаптивно реагируют на изменения абиотических условий посредством системы регуляторных механизмов, достигая относительного соответствия своего механизма характеру изменяющихся условий обитания [1]. Для донных сообществ свойственны уменьшение числа видов, упрощение межвидовых отноше-

ний, упрощение пространственной структуры сообщества. При этом отмечается рост количественных показателей бентоса за счет немногих видов, преимущественно эврибионтных, большое развитие получают олигохеты [16]. Так, в Кондопожской губе под влиянием стоков ЦБК изменился состав донных сообществ. Лидирующая роль стала принадлежать малощетинковым червям эвритопных видов *Tubifex tubifex* и

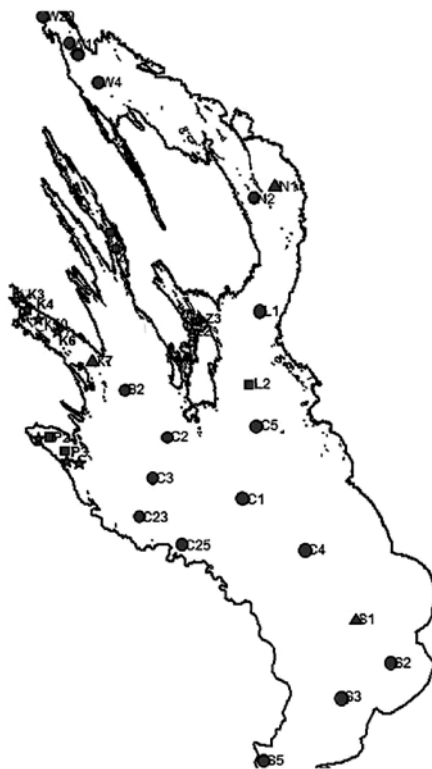


Рис. 2. Расположение станций и обозначения, для которых рассчитан индекс сапробности олигохет с градациями качества воды: звезда – сильно загрязненная ($J_s = 0,9-1,0$); квадрат – загрязненная ($J_s = 0,5-0,89$); треугольник – слабо загрязненная ($J_s = 0,30-0,49$); круг – чистая и относительно чистая ($J_s < 0,30$)

Limnodrilus hoffmeisteri. Указанные виды также были многочисленны в пробах из Петрозаводской губы и Кижских шхер. Самые низкие показатели индекса сапробности олигохет встречаются в глубоководных центральных районах Онежского озера.

Таким образом, индекс В. И. Попченко отражает один из ключевых факторов распространения бентоса на дне Онежского озера – загрязнение органическим веществом (сапробность). Значения индекса сапробности олигохет не противоречат разработанному ранее использованию амфиподно-олигохетного индекса [4].

ВЫВОДЫ

Как показали исследования, в обширном глубоководном районе Онежского озера за последние 15 лет численность бентоса снизилась в 5 раз, биомасса – в 2 раза. В Онежском озере в 2014 году обнаружены 32 таксономические единицы макрозообентоса, в 2015 году – 26. Доминируют амфиподы, олигохеты и хирономиды по частоте встречаемости и доле в общей биомассе. В антропогенно измененных Петрозаводской губе и Кондопожской губе преобладают эвритопные виды из малощетинковых червей *Tubifex tubifex* и *Limnodrilus hoffmeisteri*, из личинок хирономид *Chironomus sp.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В. А. Система гидробиологического контроля качества природных вод СССР // Актуальные проблемы охраны окружающей природной среды в Советском Союзе и Федеративной Республике Германии. Мюнхен, 1981. С. 491–528.
2. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
3. Безматерных Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: Аналит. обзор. Новосибирск, 2007. 87 с.
4. Калинкина Н. М., Белкина Н. А., Полякова Т. Н., Сярки М. Т. Биоиндикация состояния глубоководных участков Петрозаводской губы Онежского озера по показателям макрозообентоса // Водные ресурсы. 2013. Т. 40. № 5. С. 488–495.
5. Калинкина Н. М., Сидорова А. И., Полякова Т. Н., Белкина Н. А., Березина Н. А., Литвинова И. А. Снижение численности глубоководного макрозообентоса Онежского озера в условиях многофакторного воздействия // Принципы экологии. 2016. № 2. С. 43–61. DOI: [10.15393/j1.art.2016.5182](https://doi.org/10.15393/j1.art.2016.5182)
6. Кауфман З. С., Полякова Т. Н. Донная фауна // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. 1990. С. 216–230.

7. Курашов Е. А., Барбашова М. А., Дудакова Д. С., Капустина Л. Л., Русанов А. Г., Протопопова Е. В., Родионова Н. В., Саладина М. С., Алешина Д. Г. Трансформация экосистемы Ладожского озера в конце XX – начале XXI веков и ее современное состояние // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы V Международной научной конференции. 12–17 сентября 2016 г., Минск – Нарочь. Минск, 2016. С. 83–85.
8. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Л., 1984. 52 с.
9. Онежское озеро: Атлас / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 151 с.
10. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / Под ред. В. А. Алексеева и С. Я. Цалолихина. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 457 с.
11. Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейств *Podonominae* и *Tanytopodinae* фауны СССР (*Diptera*, *Chironomidae*=*Tendipedidae*). Л., 1977. 153 с.
12. Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейства *Chironominae* фауны СССР (*Diptera*, *Chironomidae*=*Tendipedidae*). Л., 1983. 296 с.
13. Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейства *Orthoclaadiinae* фауны СССР (*Diptera*, *Chironomidae*=*Tendipedidae*). Л., 1970. 344 с.
14. Полякова Т. Н. Донные ценозы в условиях антропогенного эвтрофирования // Онежское озеро. Экологические проблемы / Ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. С. 211–227.
15. Попченко В. И. Закономерности изменения сообществ донных беспозвоночных в условиях загрязнения природной среды // Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем: Труды советско-французского симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 135–141.
16. Попченко В. И. Использование сообществ донных беспозвоночных в биомониторинге пресных вод // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 1999. № 2. С. 212–217.
17. Рябинкин А. В., Полякова Т. Н. Макрозообентос озера и его роль в питании рыб // Биоресурсы Онежского озера. 2008. С. 67–91.
18. Сабылина А. В. Онежское озеро и его притоки. Внешняя нагрузка на Онежское озеро // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 19–21.
19. Тимакова Т. М., Куликова Т. П., Литвинова И. А., Полякова Т. Н., Сярки М. Т., Теканова Е. В., Чекрыжева Т. А. Изменение биоценозов Кондопожской губы Онежского озера под влиянием сточных вод целлюлозно-бумажного комбината // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 1. С. 74–82.
20. Caires A. M., Chandra S., Hayford B. L., Wittmann M. E. Four decades of change: dramatic loss of zoobenthos in an oligotrophic lake exhibiting gradual eutrophication // *Freshwater Science*. 2013. Vol. 32(3). P. 692–705.
21. Kalinkina N. M., Kulikova T. P., Litvinova I. A., Polyakova T. N., Syarki M. T., Tekanova E. V., Timakova T. M., Chekryzheva T. A. Bioindication of Water and Bottom Sediment Pollution in the Kondopozhskaya Bay of Lake Onego // *Water Resources*. 2012. Vol. 39. № 7. P. 776–783.
22. Karatayev A. Y., Burlakova L. E., Pennuto C., Ciborowski J., Karatayev V. A., Juette P., Clapsadl M. Twenty five years of changes in Dreissena spp. populations in Lake Erie // *Journal of Great Lakes Research*. 2014. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jglr.2014.04.010>.
23. Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe // *Lauterbornia. International Journal of Faunistics and Floristics of European Inland Waters*. 2009. Vol. 66. P. 236.

Sidorova A. I., Northern Water Problems Institute Karelian Research Center Russian Academy
of Science (Petrozavodsk, Russian Federation)

MODERN STATE OF MACROZOOBENTHOS IN DEEP AREAS OF ONEGO LAKE

The modern state of Onego Lake macrozoobenthos during the last 15 years was assessed. The macrozoobenthos taxonomic composition of Onego Lake was studied. In the structure of bottom communities, 32 taxa of one rank below the genus were found in 2014; 26 taxa were registered in 2015. Amphipods and oligochaetes, as well as Chironomid larvae prevail by the frequency of occurrence and general biomass.

Key words: Onego Lake, macrozoobenthos, taxonomic composition, saprobity, oligochaetes

REFERENCES

1. Babukov V. A. A system of hydrobiological quality control of natural waters of the USSR [Sistema gidrobiologicheskogo kontrolya kachestva prirodnikh vod SSSR]. *Aktual'nye problemy okhrany okruzhayushchey prirodnoy sredy v Sovetskom Soyuze i Federativnoy Respublike Germanii*. Munich, 1981. P. 491–528.
2. Babukov A. I. The use of zoobenthos for monitoring freshwater reservoirs (review) [Ispol'zovanie zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoemov (obzor)]. *Biologiya vnutrennikh vod*. 2000. № 1. P. 68–82.
3. Bezmaternykh D. M. *Zoobentos kak indikator ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ekosistem Zapadnoy Sibiri: Analit. obzor* [Zoobenthos as an indicator of the ecological state of aquatic ecosystems in Western Siberia: analytic. Review]. Novosibirsk, 2007. 87 p.
4. Kalinkina N. M., Belkina N. A., Polyakova T. N., Syarki M. T. Bioindication of the state of deep-water areas in Petrozavodsk Bay, Lake Onega, by macrozoobenthos characteristics. *Water Resources*. 2013. Vol. 40. № 5. С. 528–534.
5. Kalinkina N. M., Sidorova A. I., Polyakova T. N., Belkina N. A., Berezina N. A., Litvinova I. A. Decline in the deepwater benthic communities' abundance of Lake Onego under multifactor influence [Snizhenie chislennosti glubokovodnogo makrozoobentosa Oнежского озера v usloviyakh mnogofaktornogo vozdeystviya]. *Printsipy ekologii* [Principles of ecology]. 2016. Vol. 5. № 2. P. 43–61. DOI: [10.15393/jl.art.2016.5182](https://doi.org/10.15393/jl.art.2016.5182)

6. Kaufman Z. S., Polyakova T. N. Bottom Fauna [Donnaya fauna]. *Ekosistema Onezhskogo ozera i tendentsii ee izmeneniya*. Petrozavodsk, 1990. P. 216–230.
7. Kurashov E. A., Barbashova M. A., Dudakova D. S., Kapustina L. L., Rusanov A. G., Protopopova E. V., Rodionova N. V., Saladina M. S., Aleshina D. G. Transformation of the Lake Ladoga ecosystem in the late XX – early XXI centuries and its current state [Transformatsiya ekosistemy Ladozhskogo ozera v kontse XX – nachale XXI vekov i ee sovremennoe sostoyaniye]. *Ozernye ekosistemy: biologicheskie protsessy, antropogennaya transformatsiya, kachestvo vody: Materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. 12–17 sentyabrya 2016 g., Minsk; Naroch. Minsk, 2016. P. 83–85.*
8. *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zoobentos i ego produktiya* [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological research on freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products]. Leningrad, 1984. 52 p.
9. *Onezhskoe ozero: Atlas* [Lake Onego: Atlas]. Petrozavodsk, Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ., 2010. 151 p.
10. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii. T. 2. Zoobentos* [The determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh water in European Russia. Vol. 2. Zoobenthos]. Moscow, St. Petersburg, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2016. 457 p.
11. Pankratova V. Ya. *Lichinki i kukolki komarov podsemeystv Podonominae i Tanypodinae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae)* [Larvae and pupae of mosquitoes of subfamilies Podonominae and Tanypodinae of the USSR fauna (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. Leningrad, 1977. 153 p.
12. Pankratova V. Ya. *Lichinki i kukolki komarov podsemeystva Chironominae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae)*. [Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Chironominae of the USSR fauna (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. Leningrad, 1983. 296 p.
13. Pankratova V. Ya. *Lichinki i kukolki komarov podsemeystva Orthocladiinae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae)*. [Larvae and pupae of mosquitoes of the subfamily Orthocladiinae of the USSR fauna (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. Leningrad, 1970. 344 p.
14. Polyakova T. N. Bottom Cenoses in the Conditions of Anthropogenic Eutrophication [Donnye tsenozy v usloviyakh antropogennogo evtrofirovaniya]. *Onezhskoe ozero. Ekologicheskie problemy*. Petrozavodsk, Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ., 1999. P. 211–227.
15. Popchenko V. I. Patterns of changes in communities of benthic invertebrates in conditions of environmental pollution [Zakonovernosti izmeneniya soobshchestv donnykh bespozvonochnykh v usloviyakh zagryazneniya prirodnoy sredy]. *Nauchnye osnovy biomonitoringa presnovodnykh ekosistem: Trudy sovetско-frantsuzskogo simpoziuma*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1988. P. 135–141.
16. Popchenko V. I. The use of communities of benthic invertebrates in the biomonitoring of fresh water [Ispol'zovanie soobshchestv donnykh bespozvonochnykh v biomonitoringe presnykh vod]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 1999. № 2. P. 212–217.
17. Ryabinkin A. V., Polyakova T. N. Macrozoobenthos of the lake and its role in fish nutrition [Makrozoobentos ozera i ego rol' v pitanii rybn]. *Bioresursy Onezhskogo ozera*. Petrozavodsk, Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ., 2008. P. 67–91.
18. Sabylina A. V. Lake Onego and its tributaries. External load on the Onego Lake [Onezhskoe ozero i ego pritoki. Vneshnyaya nagruzka na Onezhskoe ozero]. *Sostoyaniye vodnykh ob'ektov Respubliki Kareliya. Po rezul'tatam monitoringa 1998–2006 gg.* Petrozavodsk, Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ., 2007. P. 19–21.
19. Timakova T. M., Kulikova T. P., Litvinova I. A., Polyakova T. N., Syarki M. T., Tekanova E. V., Chekryzheva T. A. Changes in the biocenosis of Kondopoga bay of Onega Lake under the influence of sewage from a pulp and paper mill [Izmenenie biotsenozov Kondopozhskoy guby Onezhskogo ozera pod vliyaniem stochnykh vod tsellyulozno-bumazhnogo kombinata]. *Vodnye resursy* [Water resources]. 2014. Vol. 41. № 1. P. 74–82.
20. Caires A. M., Chandra S., Hayford B. L., Wittmann M. E. Four decades of change: dramatic loss of zoobenthos in an oligotrophic lake exhibiting gradual eutrophication // *Freshwater Science*. 2013. Vol. 32(3). P. 692–705.
21. Kalinkina N. M., Kulikova T. P., Litvinova I. A., Polyakova T. N., Syarki M. T., Tekanova E. V., Timakova T. M., Chekryzheva T. A. Bioindication of the Water and Bottom Sediment Pollution in Kondopozhskaya Bay of Lake Onego // *Water Resources*. 2012. Vol. 39. № 7. P. 776–783.
22. Karatayev A. Y., Burlakova L. E., Pennuto C., Ciborowski J., Karatayev V. A., Juette P., Clapsadl M. Twenty five years of changes in Dreissena spp. populations in Lake Erie // *Journal of Great Lakes Research*. 2014. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jglr.2014.04.010>.
23. Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of the Northern and Central Europe // *Lauterbornia. International Journal of Faunistics and Floristics of European Inland Wares*. 2009. Vol. 66. P. 236.

Поступила в редакцию 22.09.2017