

УДК 629.782.519.711

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ПАЛЕЦКОЕ

© 2013 О.Н. Волошина¹, В.М. Хромов², Д.В. Малашенков², Н.В. Карташева²¹ Комитет по охране природы Одинцовского муниципального района
Московской области² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 19.05.2013

Исследовано экологическое состояние озера на территории природного резервата «Озеро Палецкое». Проведена оценка качества воды по организмам-индикаторам фито- и зоопланктона. Установлено содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях озера. Выявлен низкий уровень загрязнения озера.

Ключевые слова: *особо охраняемые природные территории, фитопланктон, зоопланктон, Московская область, тяжелые металлы, экологическое состояние*

Создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – важнейших хранителей естественных ресурсов и общего экологического равновесия, на котором базируется все хозяйство и жизнь людей [14], явилось ответной реакцией на тотальное использование природных ресурсов и увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду. ООПТ сохраняют уникальные и типичные экосистемы, биоразнообразие, генофонд живых организмов, изучают ход естественных процессов на охраняемых участках для сравнения с эксплуатируемыми территориями, занимаются экологическим просвещением и природоохранным воспитанием населения, являются хранителями экологической информации и глобального резерва возобновимых биологических ресурсов [7]. Проблемы ресурсов пресной воды, а также сохранения биоразнообразия являются одними из наиболее острых экологических проблем для Московской области, что послужило основанием для учреждения ряда ООПТ регионального и местного значения.

Природный резерват «Озеро Палецкое», созданный в 2007 г., расположен в западной части Одинцовского района Московской области. На севере ООПТ граничит с путями Белорусского направления Московской железной дороги, на

юге – с Можайским шоссе и Федеральной автомобильной дорогой М1 «Беларусь» (рис. 1). Рассматриваемая ООПТ представляет собой систему болот (с преобладанием верховых болот в северо-западной части, низинных и переходных – на остальной территории), в центральной части которой находится сточное озеро Палецкое – наиболее крупный естественный водоем в Одинцовском районе. ООПТ соответствует критериям Рамсарской конвенции о водно-болотных угодьях [12], и, соответственно, является участком, подлежащим особой охране. Здесь отмечены многие редкие виды растений и животных, а озеро Палецкое располагает продуктивными нерестилищами для рыб. Общая площадь ООПТ составляет около 344 га, площадь зеркала озера по данным GPS равна 61 га. Глубина озера составляет в среднем около 2 м. Озеро в основном подпитывается подземными водами, незначительная часть вод поступает из реки Польга. Донные отложения озера представляют собой взвешенный гумус, толщина которого достигает 6-7 метров. В 2012 г. для оценки эффективности функционирования ООПТ нами было проведено исследование экологического состояния озера с использованием методов биоиндикации и масс-спектрометрии содержания тяжелых металлов (ТМ).

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в летний сезон 2012 г. Пробы отбирали с 10 станций, расположенных по всей площади озера, а также со станции в канале, являющимся истоком реки Нара (рис. 2). Для оценки экологического состояния озера по биотической компоненте нами были использованы биоиндикационные характеристики фито- и зоопланктона. Использование биотической компоненты для оценки качества среды необходимо для получения интегральной информации о качестве среды при всем комплексе воздействий

Волошина Ольга Николаевна, кандидат биологических наук, председатель комитета. E-mail: o_voloshina@odin.ru

Хромов Виктор Михайлович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры гидробиологии. E-mail: vmkhromov@yandex.ru

Малашенков Дмитрий Владимирович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры гидробиологии. E-mail: selenastrum@mail.ru

Карташева Наталия Васильевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры гидробиологии. E-mail: nvkartash@mail.ru

[8]. Отбор и обработку проб фитопланктона и зоопланктона проводили по общепринятым методикам [2, 15-18]. Оценка качества воды озера по биоиндикаторным формам фито-

зоопланктона была проведена путем расчета индексов сапробности по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека [20].

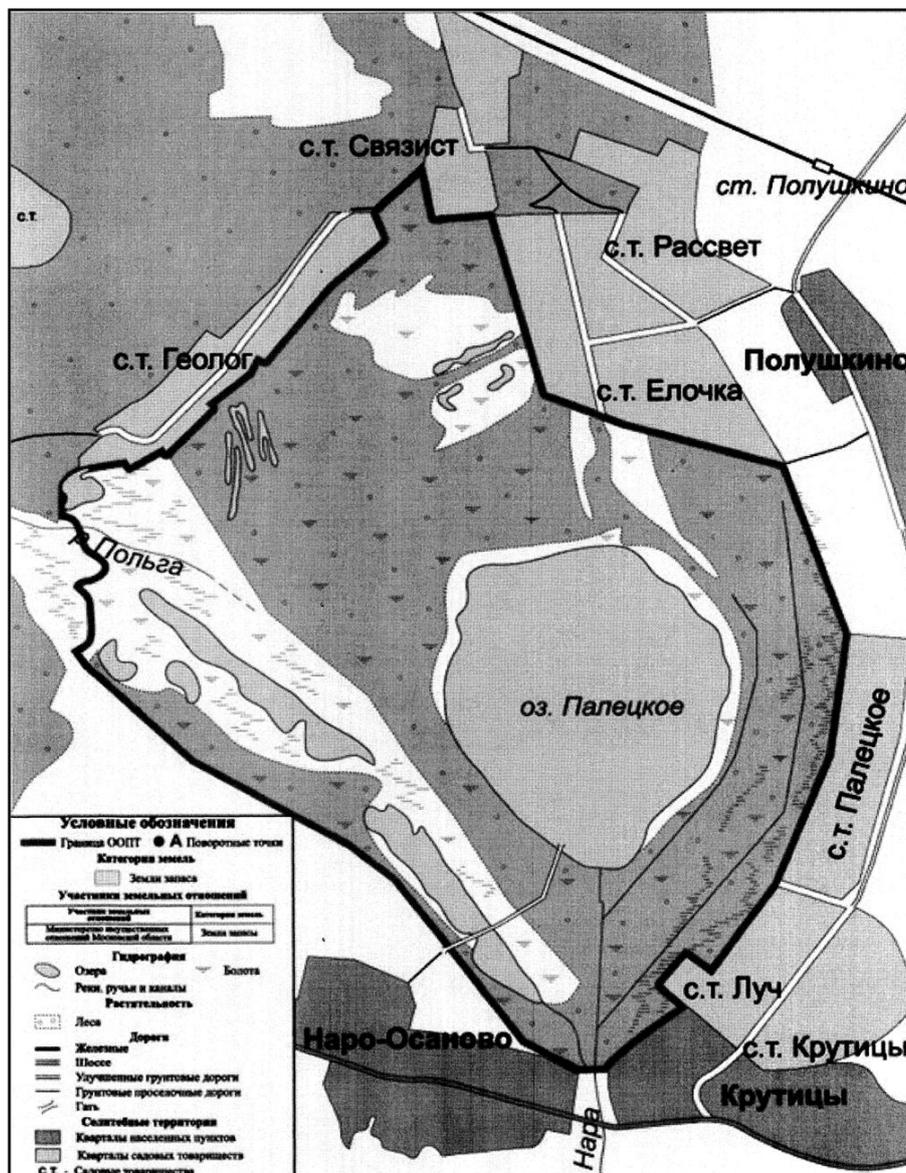


Рис. 1. Природный резерват «Озеро Палецкое»

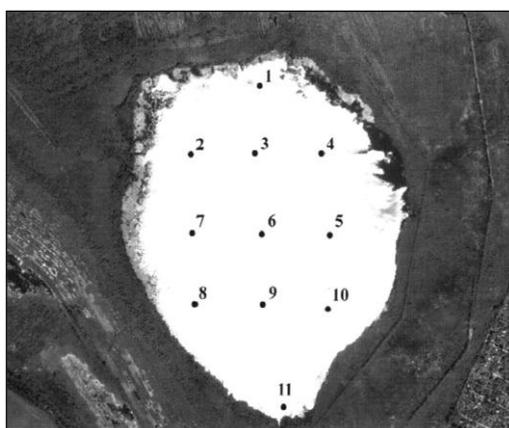


Рис. 2. Станции отбора проб на оз. Палецкое

В качестве показателей степени загрязнения озера Палецкое были использованы концентрации ТМ в воде и донных отложениях. Выбор ТМ для оценки степени загрязнения был основан на их распределении, обусловленном техногенезом (в частности Co, Mn, Ni, Cr, Sr). Эти элементы типичны для конкретных промышленных производств. Другие ТМ встречаются практически на всех территориях и во всех аквальных системах (Cu, Pb, Zn, Cd, Fe) [13]. Кроме того, большинство ТМ, выбранных для анализа, входят в перечень приоритетных металлов-загрязнителей [4, 6, 11]. Определение концентраций ТМ проводили методом масс-спектрометрии с использованием масс-спектрометра с

индуктивно связанной плазмой ELAN DRC-е. Полученные концентрации ТМ сравнивали с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Для оценки степени загрязнения вод был рассчитан показатель химического загрязнения – ПХЗ-10 [19]. Для оценки экологического состояния озера с использованием полученных концентраций ТМ был рассчитан индекс загрязненности воды (ИЗВ), широко используемый при проведении экологического мониторинга поверхностных вод и для оценки изменчивости качества вод в реальном масштабе времени [13, 19]. Также рассчитывали суммарный индекс загрязнения донных осадков – Z_c [13].

Результаты и обсуждение. Фитопланктон озера представлен 125 таксонами рангом ниже рода, относящимися к 7 отделам, 13 классам, 31 порядку и 47 семействам. Наибольшее представительство отмечено у отделов *Ochrophyta* (31% от общего числа видов), *Chlorophyta* (26%), *Cyanobacteria* (19%). Фитопланктон по своей численности и биомассе распределен по акватории озера практически равномерно, за исключением прибрежной станции №1, где наблюдается максимальная численность 7,8 млн. кл/л, обусловленная массовым развитием цианобактерий. В целом, доминирование цианобактерий в летний

период характерно для всей акватории озера Палецкое (табл. 1). Массовыми видами цианобактерий для исследуемого периода являются *Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin, *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek, *Dolichospermum circinale* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, *Dolichospermum mendotae* (Trel.) Wacklin, L.Hoffm. & Komárek, *Aphanocapsa holsatica* (Lemmermann) G.Cronberg & J.Komárek, *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek & Hindák. Кроме того, заметную роль в формировании биомассы фитопланктона озера играют динофлагелляты (*Gymnodinium fuscum* (Ehrenberg) F.Stein, *Peridinium cinctum* (O.F.Müller) Ehrenberg), эвгленовитовые (*Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg) и диатомовые (*Fragilaria crotonensis* Kitton). Из всех обнаруженных нами видов фитопланктона индикаторными являются 106 таксонов рангом ниже рода (84,8% от общего числа видов) [3]. Индексы сапробности, рассчитанные по видам-индикаторам, варьируют в озере от 1,79 до 1,96 (рис. 3). Полученные значения индекса соответствуют β -мезасапробной зоне (ближе к ее нижней границе), и характеризуют воды озера как умеренно загрязненные.

Таблица 1. Структурные показатели фитопланктона озера Палецкое

Станции Отделы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ochrophyta</i>											
N*	0,183	0,219	0,469	0,696	0,863	0,38	0,212	0,717	0,496	0,201	0,26
B	0,157	0,173	0,396	0,61	0,683	0,256	0,114	0,633	0,405	0,153	0,202
<i>Cryptophyta</i>											
N	0,113	0,026	0,08	0,188	0,24	0,053	0,023	0,12	0,03	0,166	0,129
B	0,096	0,013	0,022	0,19	0,095	0,032	0,003	0,02	0,008	0,065	0,03
<i>Chlorophyta</i>											
N	0,289	0,361	0,382	0,541	0,549	0,528	0,168	0,589	0,337	0,748	0,275
B	0,052	0,046	0,048	0,088	0,075	0,054	0,024	0,167	0,083	0,081	0,029
<i>Charophyta</i>											
N	0,015	0,016	0,005	0,005	0,007	0,007	0,008	0,006	0,005	0,009	0,012
B	0,015	0,039	0,004	0,006	0,007	0,006	0,007	0,007	0,004	0,009	0,039
<i>Myxozoa</i>											
N	0,041	0,046	0,03	0,086	0,059	0,026	0,027	0,026	0,041	0,017	0,012
B	0,381	0,54	0,398	0,55	0,667	0,08	0,224	0,126	0,489	0,083	0,079
<i>Euglenozoa</i>											
N	0,05	0,076	0,071	0,083	0,136	0,111	0,063	0,048	0,091	0,157	0,034
B	0,069	0,134	0,124	0,12	0,224	0,182	0,099	0,093	0,135	0,258	0,063
<i>Cyanobacteria</i>											
N	7,133	3,692	4,157	2,822	2,688	2,841	3,757	3,75	3,764	3,308	3,652
B	0,333	0,231	0,205	0,24	0,174	0,175	0,265	0,185	0,135	0,222	0,196
<i>N общая</i>	7,823	4,436	5,195	4,42	4,54	3,945	4,258	5,257	4,763	4,606	4,37
<i>B общая</i>	1,108	1,176	1,196	1,805	1,926	0,785	0,736	1,231	1,26	0,87	0,64

Примечание: * N – численность, млн. кл/л; B – биомасса, мг/л

Зоопланктон озера по видовому составу представляет собой типичный лимнопланктонный комплекс. Он представлен 26 видами, относящимися к 3 классам, 10 отрядам, 14 семействам,

а также науплиями и копеподитными формами *Copepoda*. Среди копепод наиболее часто встречается *Thermocyclops oithonoides* (Sars). Также в массе встречаются кладоцеры *Daphnia cristata*

Sars, *Daphnia cucullata* Sars, *Eubosmina coregoni* Baird, и коловратки *Keratella cochlearis hispida* (Lauterborn), *Trichocerca cylindrical* (Imhof). Пространственное распределение зоопланктона в озере относительно равномерное. Однако в разных частях озера наблюдается доминирование разных групп зоопланктона. Например, в северной части доминируют ветвистоусые и веслоногие ракообразные, а в южной части озера, в районе канала, где одну из главных ролей начинает играть скорость течения, на лидирующие роли выходят коловратки. Такое распределение

различных групп зоопланктона в озере соответствует общим закономерностям и [10] (табл. 2). Индексы сапробности, рассчитанные по биоиндикаторным видам зоопланктона, варьируют в озере от 1,00 до 1,35 (рис. 3), что соответствует олигосапробной зоне, и позволяет оценить воду озера как чистую. Среднее значение индекса сапробности по биоиндикаторным видам планктона для озера Палецкое равно 1,5, то есть соответствует границе между β -мезосапробной и олигосапробной зонами, что позволяет сделать вывод о том, что вода в озере относительно чистая.

Таблица 2. Структурные показатели зоопланктона озера Палецкое

Станции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Отделы											
Сорепода											
N*	258,4	43,0	61,05	132	357,3	58,72	368,5	53,1	187	95,35	236,8
B	1382	381,2	389,3	758,4	1839	655,2	1005	351,8	973,8	744	1475
Rotifera											
N	0,6	1,0	0,9	3,2	1,8	6,15	28,46	11,0	11,45	5,25	32,1
B	1,2	5	8,1	13,12	4,77	28,26	11,84	20,2	20,47	24	48,36
Cladocera											
N	16,0	20,6	15,9	11,4	7,5	17,53	69,97	71,55	3,2	43,60	42,65
B	1325	589,2	403,5	666	84,9	207,4	1232	1754	32,5	481	635
N общая	275	64,6	77,85	146,6	366,6	82,4	467	135,7	201,6	144,2	311,5
B общая	2708	975,4	800,9	1438	1929	890,8	2248	2126	1027	1249	2159

Примечание: * N – численность, тыс. экз/м³; B – биомасса, мг/м³

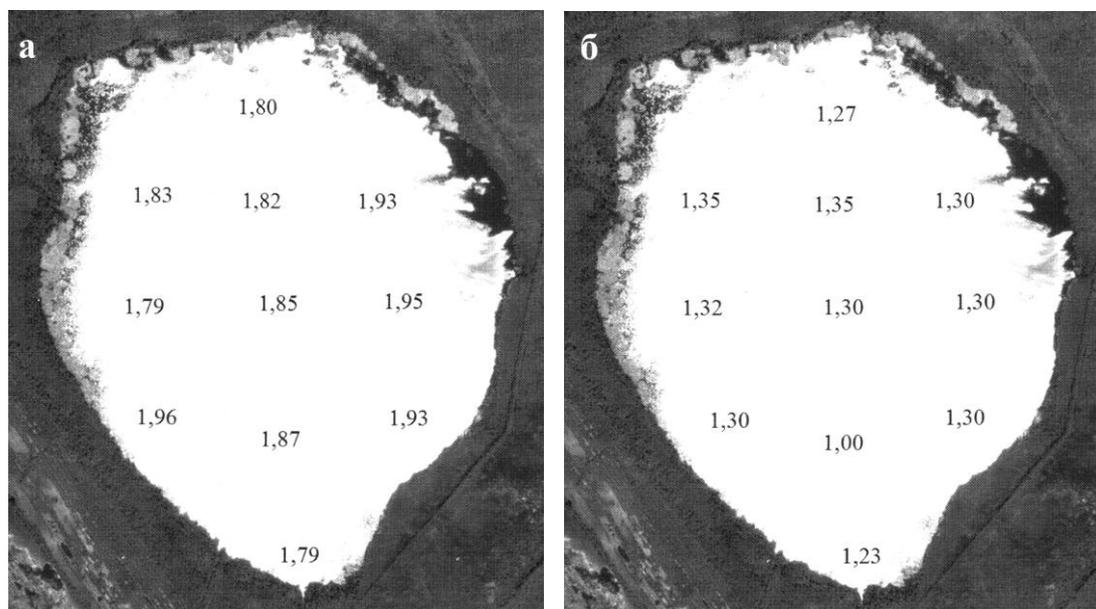


Рис. 3. Индексы сапробности по Пантле-Букку в модификации Сладечека по видам-индикаторам фитопланктона (а) и зоопланктона (б) для оз. Палецкое

Следует подчеркнуть, что высокое видовое разнообразие фитопланктона и относительно большое разнообразие зоопланктона поддерживают его устойчивое существование в озере. Высокие значения численности и биомассы фито- и зоопланктона показывают, что озеро Палецкое может быть отнесено к мезотрофным водоемам,

то есть к продуктивным. Это позволяет говорить о хорошей кормовой базе для ихтиофауны озера.

Концентрации ТМ в воде озера Палецкое существенно ниже их ПДК (табл. 3). Только концентрации Мп в воде озера несколько превышают ПДК, что, вероятно, связано с поступлением в озеро вод из близлежащих болот.

Относительно высокие концентрации Mn также объясняют присутствие достаточного количества эвгленофитовых в составе фитопланктона озера. В частности, Mn играет значительную роль в жизни трахеломонад [5], лектотипом которых является *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg – один из видов-доминантов фитопланктона озера Палецкое. В целом, несмотря на превышение концентрации одного показателя можно говорить о том, что вода в озере Палецкое практически чистая.

Для оценки ПХЗ воды озера Палецкое в качестве переменных были взяты концентрации десяти ТМ (девять ТМ, представленных в табл.

3, а также Fe). Значения ПХЗ-10 для озера Палецкое составляют 2,31-3,52, что соответствует относительно удовлетворительному качеству воды в озере [9]. Сопоставление значений индекса ИЗВ по 11 станциям озера Палецкое (табл. 3) с общепринятой классификацией загрязнений [13, 19] показывает, что вода в озере Палецкое как на отдельных участках, так и для озера в целом, соответствует классу 1 – «очень чистая». Это связано с тем, что озеро труднодоступно для массового посещения. Берега озера окружены болотами, поэтому на нем невозможно создание пляжей, и оно практически не используется в рекреационных целях.

Таблица 3. Распределение ТМв воде (мкг/л) и ИЗВ озера Палецкое

ТМ мкг/л	Cd	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	Co	Sr	Ni	ИЗВ
ПДК мкг/л	1,0	100	1000	30	1000	500	100	7000	100	-
1	0,06	105,91*	2,95	0,62	43,95	1,53	0,74	54,66	1,27	0,27
2	0,02	98,94	1,91	0,57	67,03	1,58	2,36	54,92	1,44	0,25
3	0,13	103,85	4,58	1,94	15,03	1,62	0,64	55,02	1,93	0,27
4	0,07	108,53	6,15	6,17	27,02	1,51	0,86	72,61	2,04	0,31
5	0,02	98,30	0,81	0,73	10,50	1,59	0,63	53,01	0,61	0,23
6	0,06	129,45	4,45	1,45	15,12	1,69	0,47	53,33	1,76	0,35
7	0,03	105,99	2,94	0,88	29,80	1,62	1,06	55,32	0,80	0,25
8	0,02	98,98	1,09	0,79	29,20	1,45	2,73	52,97	0,42	0,23
9	0,02	107,33	1,44	0,63	43,13	1,27	0,70	52,22	0,62	0,25
10	0,05	114,94	1,80	0,94	40,86	1,39	0,26	54,92	0,63	0,27
11	0,04	107,00	2,31	1,34	62,73	1,34	0,79	54,38	1,57	0,29
среднее	0,05	107,20	2,77	1,46	34,94	1,51	1,02	55,76	1,19	0,27

Примечание: * выделены концентрации, превышающие ПДК

Важным показателем степени загрязнения водного объекта является количество загрязняющих веществ в донных отложениях. Донные отложения относятся к консервативной системе, способной накапливать и хранить информацию о состоянии и изменении среды, в частности под воздействием антропогенных факторов [1], поэтому оценке состояния донных отложений придается важное значение при характеристике состояния водоема в целом. Поскольку до настоящего времени ПДК загрязняющих веществ в донных осадках не установлены, то для оценки степени загрязнения донных отложений используют их фоновые концентрации [13]. Для вычисления суммарного индекса загрязнения донных осадков (Z_c) были выбраны концентрации девяти ТМ (Z_9). Этот показатель является более представительным, чем просто значения концентраций ТМ, так как он оценивает соотношение загрязняющих веществ в донных осадках [13]. Полученные результаты показали, что значения Z_9 для донных осадков в разных частях озера Палецкое изменяются в пределах 3,82-9,33. В соответствии со шкалой степени загрязнения водных объектов [13] все значения Z_9 находятся

в пределах 10, следовательно, уровень техногенного загрязнения озера Палецкое является низким.

Выводы: по результатам исследования экологического состояния озера Палецкое на территории природного резервата качество природной среды остается на высоком уровне. Сравнительный анализ результатов оценки качества воды методами биоиндикации, а также степени загрязнения воды и донных осадков позволяет заключить, что в настоящее время озеро Палецкое является чистым и соответствует объекту ООПТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Баканов, А.И.* Особенности первоначального формирования группировок бентоса и перифитона в водохранилищах Верхней Волги / *А.И. Баканов, А.И. Скальская, Б.А. Флеров* // Гидробиол. Журнал. 2003. Т. 1. № 6. С. 2533.
2. *Балушкина, Е.В.* Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных / *Е.В. Балушкина, Г.Г. Винберг* // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. – Л., 1976. С. 58-59.

3. *Баринава, С.С.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / *С.С. Баринава, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова.* – Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.
4. *Будников, Г.К.* Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. 1998. №5. С. 23-29.
5. *Ветрова, З.И.* Флора водорослей континентальных водоемов Украинской ССР. Эвгленофитовые водоросли. 1(1). – Киев: Наукова Думка, 1986. 348 с.
6. *Гусева, Т.В.* Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы / *Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика* и др. – М.: Эколайн, 2000. 62 с.
7. *Дёжкин, В.В.* Охраняемые природные территории России // Охраняемые природные территории. Материалы к созданию Концепции системы охраняемых природных территорий России. – М.: Изд. РПО ВВФ, 1999. С. 7-44.
8. *Захаров, В.М.* Здоровье среды: методика оценки / *В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов* и др. – М.: ЦЭПР, 2000. 65 с.
9. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М.: Минприроды России, 1992. 58 с.
10. *Кутикова, Л.А.* Коллеватки фауны СССР. – Л.: Наука, 1970. 744 с.
11. *Мур, Дж.* Тяжелые металлы в природных водах / *Дж. Мур, С. Рамамурти.* – М.: Мир, 1987. 286 с.
12. О свойствах водно-болотных угодий. – М.: Wetlands International, 2000. 64 с.
13. *Опекунов, А.Ю.* Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. 261 с.
14. *Реймерс, Н.Ф.* Особо охраняемые природные территории / *Н.Ф. Реймерс, Ф.Р. Штильмарк.* – М.: Мысль, 1978. 295 с.
15. *Ривьер, И.К.* Зоопланктон и нейстон. Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. С. 138-157.
16. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений // Под ред. *В.А. Абакумова.* – Л.: Гидрометеоздат, 1983. 239 с.
17. *Суханова, И.Н.* Концентрирование фитопланктона в пробе. Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. – М.: Наука, 1983. С. 97-105.
18. *Федоров, В.Д.* О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: МГУ, 1979. С. 130-154.
19. *Шутиков, В.К.* Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / *В.К. Шутиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко.* – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
20. *Sládeček, V.* System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol. 1973. №7. P. 1-218.

RESULTS OF RESEARCH THE ECOLOGICAL STATE OF PALETSKOYE LAKE

© 2013 O.N. Voloshina¹, V.M. Khromov², D.V. Malashenkov², N.V. Kartasheva²

¹ Committee on Nature Protection of Odintsovo Municipal District of Moscow Oblast

² Moscow State University named after M.V. Lomonosov

The ecological state of the lake at the territory of natural reserve “Paletskoye lake” is investigated. The assessment of water quality by organisms-indicators phyto - and a zooplankton is carried out. The content of heavy metals in water and ground deposits of the lake is established. Low level of lake pollution is revealed.

Key words: *especially protected natural territories, phytoplankton, zooplankton, Moscow oblast, heavy metals, ecological state*

Olga Voloshina, Candidate of Biology, Committee Chairman.

E-mail: o_voloshina@odin.ru

Viktor Khromov, Doctor of Biology, Professor, Main Research

Fellow at the Hydrobiology Department. E-mail:

vmkhromov@yandex.ru

Dmitriy Malashenkov, Candidate of Biology, Senior Research

Fellow at the Hydrobiology Department. E-mail:

selenastrum@mail.ru

Nataliya Kartasheva, Candidate of Biology, Senior Research

Fellow at the Hydrobiology Department. E-mail:

nvkartash@mail.ru