

УДК 574.58

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА ЧАЙКА  
(КУРШСКАЯ КОСА) ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ  
ПОКАЗАТЕЛЯМ

М.А. Герб\*, Е.К. Ланге\*, М.В. Лягун\*, Ю.Ю. Полунина\*, Е.Е. Ежова \*,  
Н.В. Чибисова\*\*

\*Атлантическое отделение ФГБУН Института океанологии  
им. П.П. Ширшова РАН, 236022, г. Калининград, пр. Мира, 1

E-mail: marger75@mail.ru; evlange@gmail.com

\*\*ФГАОУ ВПО «Балтийский федеральный университет  
имени Иммануила Канта», 236041, г. Калининград, ул. А.Невского, 14

E-mail: chibisovanv@mail.ru

Обобщены результаты комплексных исследований, характеризующие современное экологическое состояние озера Чайка Куршской косы по гидробиологическим и гидрохимическим показателям. Выявлены высокая нагрузка органическими веществами, гиперэвтрофные условия среды, которые негативно влияют на биоразнообразие гидробионтов.

*экологическое состояние, фитопланктон, зоопланктон, макрозообентос, тяжелые металлы, концентрация форм азота и фосфора в воде, Куршская коса, оз. Чайка*

#### ВВЕДЕНИЕ

Озеро Чайка – самое большое пресноводное озеро Куршской косы, расположено на ее российской части в окрестностях пос. Рыбачий. Оно входит в систему сильно гумифицированных водоемов (оз. Бобровое, Ржавое, Изумрудное), соединенных между собой и Куршским заливом мелкими протоками. Площадь озера, находящегося на древнем моренном основании, составляет 0,22 км<sup>2</sup>, длина – около 1,4, максимальная ширина – около 0,4 км, средняя и максимальная глубина – 0,4 и 1,5 м, соответственно [1, 2].

В настоящее время озеро и его окрестности используются в рекреационно-утилитарных и рекреационно-оздоровительных целях отдыхающими национального парка «Куршская коса» и местным населением. Оно служит водоприемником дренажной системы орошения пастбищ и сенокосных угодий пос. Рыбачий, а также используется для несанкционированной мойки машин, водопоя и выпаса (прибрежная зона) сельскохозяйственных животных, что приводит к прямому загрязнению водоема фекальной органикой, поверхностно-активными веществами (ПАВ) и тяжелыми металлами.

В 2001-2006 гг. отмечена довольно напряженная экологическая обстановка в экосистеме оз. Чайка по некоторым гидробиологическим и гидрохимическим параметрам [2-4]. Озеро характеризовалось повышенным содержанием органических веществ (1,5-2 ПДК по перманганатной окисляемости) и по индексу сапробности относилось к  $\beta$ -мезосапробной зоне, т.е. имело «умеренно загрязненные воды», или III класс качества вод. По данным 2010-2011 гг., значения индексов сапробности по зоопланктону характеризуют оз. Чайка как мезотрофно-эвтрофный водоем [5].

В настоящее время в научной печати нет сведений о состоянии макроводорослей, фитопланктонных и макрозообентосных сообществ оз. Чайка. Результаты флористических исследований также не были опубликованы до последнего времени [6]. В июне 2009 г. и в весенне-летний сезон 2012 г. гидробиологические, гидрохимические и ботанические исследования оз. Чайка были возобновлены сотрудниками АО ИО РАН.

Цель работы – дать комплексную характеристику оз. Чайка по гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспедиционные работы на оз. Чайка проводились в июне 2009 г. и в апреле, июне-августе 2012 г. на четырех прибрежных станциях (рис. 1). Произведен отбор проб фито- и зоопланктона, макрозообентоса, качественных проб макрофитов и проб воды на содержание биогенных элементов (азот, фосфор), тяжелых металлов. Маршрутным методом обследована прибрежно-водная растительность озера. Сбор и обработку проб проводили по стандартным общепринятым методикам [7-10].

Пробы воды для определения гидрохимических показателей отбирали из горизонта 0-50 см. Гидрохимические анализы выполняли по аттестованным методикам [11]. При определении концентраций тяжелых металлов в воде использована разработанная НПО «Спектрон» методика измерений массовых концентраций в природных водах рентгенофлуоресцентным методом с помощью рентгеновского спектрометра «Спектроскан МАКС-G» в комплекте с компьютером IBM PC AT 386-586 [12-13].

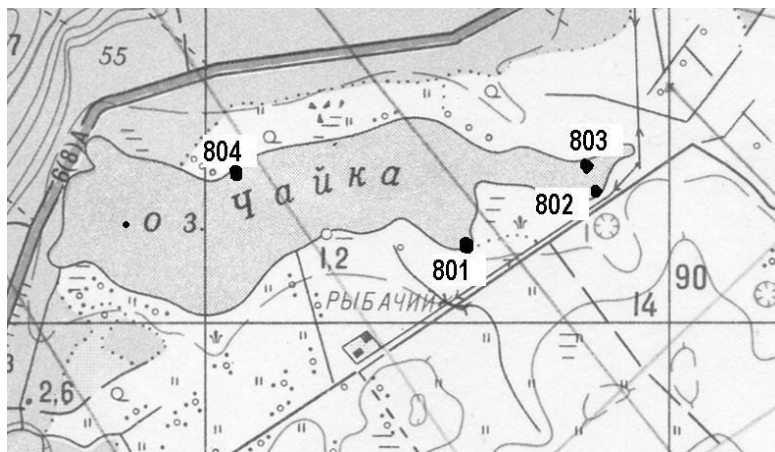


Рис. 1. Схема расположения станций пробоотбора в оз. Чайка, НП «Куршская коса» в 2009 г. (ст. 801, 802) и в 2012 г. (ст. 802, 803, 804)

Fig. 1. Scheme of the location of sampling station in the Chajka Lake

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Гидрохимические показатели.* В апреле 2012 г. содержание нитратов в воде не превысило ПДК (40 мг/л) и составило 0,2 мг/л. Превышение ПДК отмечено для нитритов 0,088 мг/л (1,1 ПДК) и аммонийного азота 1,25 мг/л (2,5 ПДК).

Содержание органических форм азота превышало минеральные, что характерно и для Куршского залива.

В весенне-летний сезон 2012 г. содержание общего фосфора варьировало в пределах от 0,41 до 1,13 мг/л (рис. 2).

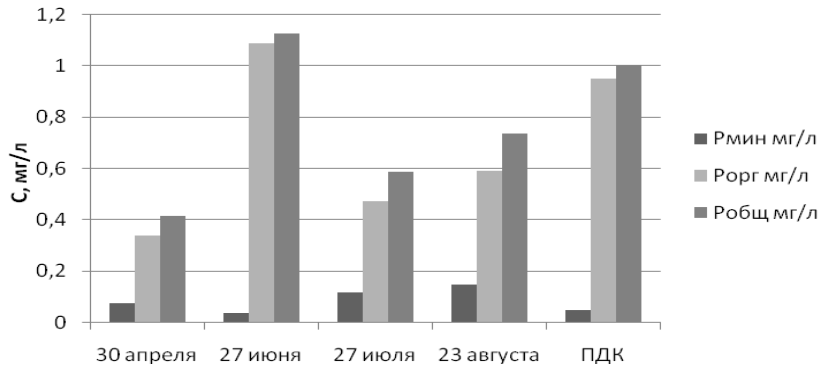


Рис. 2. Содержание фосфора в воде оз. Чайка (ст. 802) в 2012 г.  
Fig. 2. The phosphorus content in the water of the Chaika Lake in 2012

Органические формы биогенных элементов преобладали над минеральными, что могло свидетельствовать о загрязнении вод озера хозяйственно-бытовыми и фекальными стоками.

По содержанию биогенных элементов в 2012 г. оз. Чайка можно отнести к водоему переходного статуса от мезотрофного к эвтрофному. Содержание общего фосфора в конце июня приближалось к показателям, характерным для гипертрофного статуса.

Во всех пробах воды содержание ионов тяжелых металлов меди, цинка, кобальта, марганца и ванадия было ниже предела обнаружения. Концентрации ионов висмута ( $\text{Bi}^{3+}$ ) были в пределах от 10 до 16, свинца ( $\text{Pb}^{2+}$ ) – 2, никеля ( $\text{Ni}^{2+}$ ) – 7 мкг/л и не превышали ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов (рис. 3). В то же время, содержание в озерной воде железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) от 273-558 и хрома ( $\text{Cr}^{3+}$ ) от 3-422 мкг/л составило 2,7-5,5 и 4,2-6 ПДК, соответственно (рис. 4).

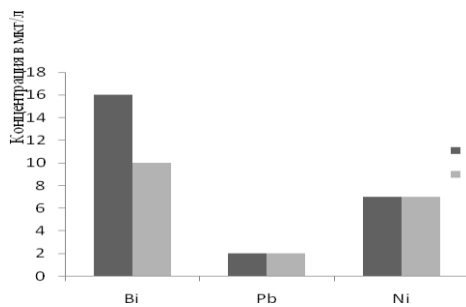


Рис.3. Содержание ионов висмута (ПДК – 0,1 мкг/л) свинца (ПДК – 0,01 мкг/л) и никеля (ПДК – 0,01 мкг/л) в пробах воды оз. Чайка, лето 2012 г.

Fig. 3. The concentration of bismuth, lead and nickel ions in the Chaika Lake, 2012

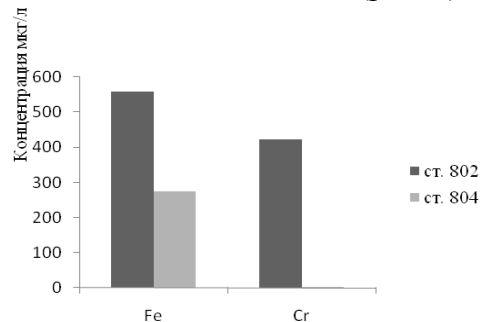


Рис. 4. Содержание ионов железа (ПДК – 0,1 мкг/л) и хрома (ПДК – 0,07 мкг/л) в пробах воды оз. Чайка, лето 2012 г.

Fig. 4. The concentration of iron and chromium ions in the Chaika Lake, 2012

Особенно загрязненной тяжелыми металлами оказалась восточная прибрежная зона озера, где на ст. 802 отмечено наибольшее содержание висмута, железа и хрома (рис. 3, 4).

При избыточном поступлении и превышении собственных потребностей организмов тяжелые металлы могут вызывать нарушение разнообразных функций гидробионтов, накапливаясь в их органах. Аккумуляция большого числа микроэлементов в рыбах находится в прямой зависимости от их концентрации в воде и зависит от вида и структуры их популяции [14-15].

Загрязненное железом и хромом оз. Чайка активно используется местными жителями и отдыхающими для рыбной ловли, особенно - серебряного карася. Показано, что железо преимущественно накапливается в печени, а хром – в мышцах многих рыб [15]. Регулярное употребление пищи с повышенным содержанием железа может привести к развитию заболевания гемохроматоз и, как следствие, к сахарному диабету, циррозу печени, заболеванию суставов, нервной системы, сердечной патологии. Избыток хрома вызывает аллергию, разнообразные поражения кожных покровов, воспаление слизистых оболочек, расстройство нервной системы, увеличивает риск онкологических заболеваний [16].

*Гидробиологические показатели.* В июне 2009 г. таксономическое разнообразие прибрежного **фитопланктоценоза** оз. Чайка было невысоким. Всего обнаружено 19 таксонов микроводорослей: цианобактерий – 9, зеленых – 6, диатомовых – 2, динофитовых и эвгленовых – по 1 таксону. Основу численности и биомассы обеспечивали цианобактерии и зеленые водоросли. Наблюдалось «цветение» воды. Доминировала потенциально токсичная колониальная цианобактерия *Microcystis aeruginosa*, чей вклад в общую биомассу фитопланктона составил 36 %. Из зеленых около 56 % суммарной биомассы обеспечивала потенциально токсичная зеленая *Desmodesmus armatus* (= *Scenedesmus quadricauda*). Уровень вегетации доминантов соответствовал гиперцветению: численность *M. aeruginosa* и *D. armatus* достигла 15,0 и 32,2 млн.кл/л, биомасса – 9,8 и 15,1 г/м<sup>3</sup>, соответственно. По количественным параметрам фитопланктона (биомасса 27,1 г/м<sup>3</sup>) водоем характеризовался как гиперэвтрофный. Массовое развитие потенциально токсичных водорослей в акватории оз. Чайка характеризует экологическую обстановку в данном водоеме как крайне опасную для здоровья населения. Высока вероятность вегетации токсичных штаммов *M. aeruginosa*, синтезирующих гепатотоксины (микроцистины), так как в Куршском заливе регулярно происходят цветения токсичных цианобактерий рода *Microcystis*, в том числе вблизи пос. Рыбачий [17].

В 2009, 2012 гг. в составе **гигрофильной флоры** (прибрежно-водные и водные сосудистые растения) оз. Чайка было выявлено 105 видов сосудистых растений из 67 родов и 40 семейств. Преобладали околководные растения – 75 % от общего числа видов (79 видов), в то время как настоящие водные растения (гидрофиты) составили всего 12,5 % (13 видов). Из воздушно-водных растений (гелофиты) произрастали типичные для наших водоемов виды: тростник

обыкновенный, рогоз широколистный, манник большой, телиптерис болотный и др. Из водных растений наибольшую частоту встречаемости имели виды, плавающие на поверхности воды: ряска малая, многокоренник обыкновенный, водокрас лягушачий [6]. Погруженные растения (8 видов) в озере необильны и имеют угнетенный внешний вид, что свидетельствует о неблагоприятных условиях для развития подводной растительности (малые глубины, низкая прозрачность, высокий трофический статус водоема). Анализ индикаторных свойств растений выявил, что по отношению к сапробности воды большинство видов –  $\beta$ -мезосапробионты.

**Зоопланктон** прибрежной зоны озера в июне 2009 г. был представлен девятью видами мезозоопланктона (Rotatoria – 5, Copepoda – 1, Cladocera – 3). Также в пробах отмечены олигохеты, хирономиды, остракоды и эфиппиумы дафний. Абсолютными доминантами являлись циклоп *Cyclops furcifer* и хищная коловратка *Asplanchna priodonta* – показатели  $\beta$ -мезосапробных вод. Они составляли почти 99 % общей численности зоопланктона и 99,8 % общей биомассы. Несмотря на высокое разнообразие коловраток, их доля в общей численности зоопланктона была высокой (более 60 %) только за счет доминантного вида. Все отмеченные виды кладоцер, относящиеся к семейству Chydoridae, довольно мелкие, широко распространенные виды, чья численность была крайне низкой (в пробах единичные экземпляры). Это, вероятно, обусловлено мощным прессом хищной *A. priodonta*, которая питается коловратками, мелкими кладоцерами и науплиями веслоногих ракообразных. Общая численность зоопланктона в прибрежье озера составила 93 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 458 мг/м<sup>3</sup>.

Летом 2004 г. в зоопланктоне отмечено 12 видов, по численности и биомассе преобладали циклопы – показатели  $\beta$ -мезосапробных вод: *Megacyclops viridis* и *Acanthocyclops vernalis*, коловратки из рода *Brachionus*. Общая численность зоопланктона в среднем составила 43 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – около 1 г/м<sup>3</sup> [3]. Летом 2010-2011 гг. в прибрежье озера обнаружено 34 таксона зоопланктона. Численность зоопланктона не превысила 21,5 и 111,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 128 и 151 мг/м<sup>3</sup>, соответственно [5].

Таким образом, 2004 и 2009 гг. были сравнимы по величине показателей летнего зоопланктона и характеризовались низким видовым разнообразием и относительно высокой биомассой (500-1000 мг/м<sup>3</sup>). В летний сезон 2010-2011 гг. зоопланктон, напротив, отличался видовым богатством, а его биомасса не превышала 200 мг/м<sup>3</sup>.

Летом 2009 и 2012 гг. **макрозообентос** был представлен двумя группами – червями *Oligochaeta* и личинками комаров *Chironomidae*. Обе группы характеризовались 100 %-ной встречаемостью (рис. 5).

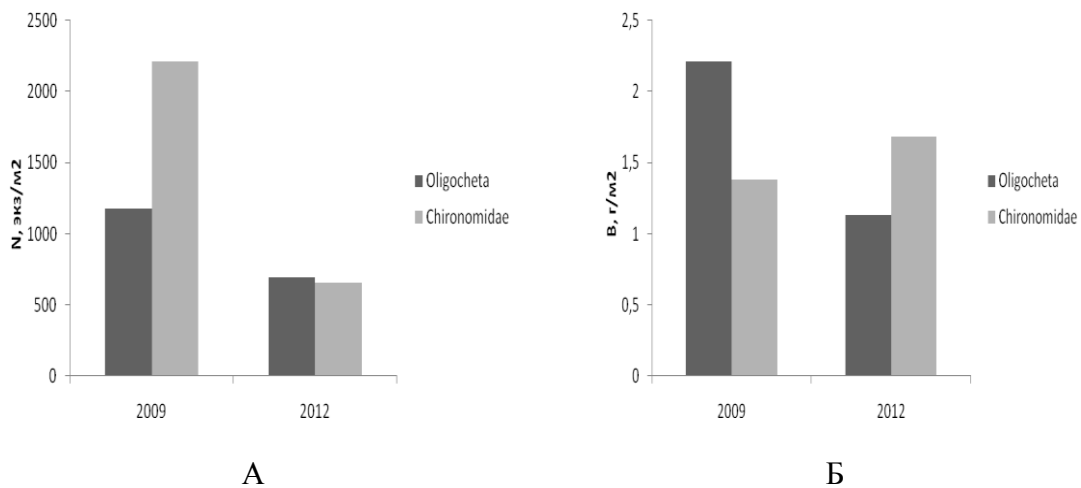


Рис. 5. Средняя численность (А) и биомасса (Б) макрозообентоса песчаной литорали оз. Чайка, июнь 2009 г., июль 2012 г.

Fig. 5. Mean density (A) and biomass of macrozoobentos Chajka lake, June 2009, July 2012

В 2009 г. в качественных сборах с водной растительности и тростника были обнаружены брюхоногие моллюски родов *Planorbis* и *Lymnaea*, что согласуется с данными 2004 г. [4].

Уровень количественного развития макрозообентоса в озере в 2012 г. был ниже, чем в 2009 г. Вклад в численность олигохет и хирономид был примерно равным – 51 и 49 %, соответственно. В биомассу основной вклад (60 %) вносили хирономиды, олигохеты – только 40 %. Суммарные значения количественных характеристик в среднем составили 1356 экз./м<sup>2</sup> и 2,81 г/м<sup>2</sup>, соответственно (рис 5 А, Б). По сравнению с аналогичными данными, полученными для открытой литорали озера в 2009 г., величина средней численности зообентоса в 2012 г. была ниже в два раза; средние значения биомассы различались в меньшей степени. Для сравнения – на литорали Куршского залива в летний сезон 2012 г. средние показатели биомассы и численности изменялись от 6,65 до 45,40 г/м<sup>2</sup> и от 546 до 39465 экз./м<sup>2</sup>, соответственно.

## ВЫВОДЫ

1. Обнаружено превышение ПДК по аммонийному азоту в 2,5 раза и преобладание в воде органических форм азота и фосфора над минеральными; концентрация железа и хрома в воде превышала их ПДК в 2,7-5,5 и 4,2-6 раза, соответственно, что указывает на антропогенное воздействие на экосистему озера.

3. Летний фитопланктон характеризуется низким таксономическим разнообразием, массовым развитием потенциально токсичных цианобактерии *Microcystis aeruginosa* и зеленой *Desmodesmus armatus*. По количественному развитию фитопланктона (биомасса 27 г/м<sup>3</sup>) оз. Чайка относится к водоему с гиперэвтрофными условиями.

3. Погруженные в воду растения в озере необильны и имеют угнетенный внешний вид, что свидетельствует о неблагоприятных условиях для развития подводной растительности. В то же время видовой состав растений прибрежной

части озера разнообразен и представлен типичными прибрежно-водными растениями Северо-Западного региона России.

4. Видовое разнообразие и количественные параметры зоопланктона в июне 2009 г. сопоставимы с данными 2004 г. Структура озерного зоопланктона может существенно меняться в разные годы, однако доминирующими группами и в наших исследованиях, и по данным других авторов [3, 5] всегда оставались коловратки и циклопы. Массовые виды зоопланктона оз. Чайка относятся к мезосапробам.

5. Преимущественное развитие в макрозообентосе представителей сем. *Oligochaeta* и *Chironomidae* характеризует высокую степень загрязнения донных отложений органическим веществом. Отмечено снижение количественных показателей в межгодовом аспекте, что может быть вызвано ухудшением условий для жизнедеятельности донных организмов.

6. Озеро Чайка по гидробиологическим и гидрохимическим показателям относится к водоему с высокой нагрузкой органическими веществами и загрязнением тяжелыми металлами, гиперэвтрофными условиями и средой, подавляющей развитие погруженной растительности и негативно влияющей на биоразнообразие гидробионтов. Экосистема озера с абсолютным доминированием одного-двух видов в гидробиоценозах неустойчива и уязвима для внешнего воздействия.

*Авторы выражают благодарность сотруднику НП «Куршская коса» О.В. Рылькову за помощь при подготовке физико-географической характеристики оз. Чайка, сотрудникам АО ИОРАН О.А. Тевс и Н.Г. Кудрявцеву за обработку гидрохимических проб, а также всем участникам экспедиционных и камеральных работ.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рыльков, О.В. Исследование озера Чайка: рукопись / О.В. Рыльков, О. Быкова, Т. Ермакова // Материалы школьного лесничества пос. Рыбачий, 1998.
2. Цыбалева, Г.А. Оценка состояния озер Бобровое и Ржавое Куршской косы по гидробиологическим показателям / Г.А. Цыбалева, С.Ю. Кузьмин // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. /сост. И.П. Жуковская. – Калининград: Изд-во РГУ им. И.Канта, 2007. – Вып.5. - С. 225 – 235.
3. Кузьмин, С.Ю. Эколого-фаунистическая характеристика озера Чайка на Куршской косе / С.Ю. Кузьмин, А.В. Кутузов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. статей. - Калининград: Изд-во РГУ им И. Канта, 2005. – Вып.3.- С. 160–168.
4. Кузьмин, С.Ю. Оценка экологического состояния водоемов Куршской косы гидробиологическими методами / С.Ю. Кузьмин // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. /сост. И.П. Жуковская. – Калининград: Изд-во РГУ им. И.Канта, 2006. - Вып.4. - С. 95 – 102.

5. Цыбалева, Г.А. Зоопланктон прибрежной зоны озера Чайка в национальном парке «Куршская коса» / Г.А. Цыбалева, С.Ю. Кузьмин // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. научных статей /сост. И.П.Жуковская. – Калининград: Изд-во БФУ им. И.Канта, 2013. – Вып. 9. - С. 91 – 99.
6. Губарева, И.Ю. Гигрофильная флора оз. Чайка (Куршская коса) / И.Ю. Губарева, М.А. Герб // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. научных статей /сост. И.П. Жуковская. – Калининград: Изд-во БФУ им. И.Канта, 2014. – Вып.10. - [В печати].
7. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зоопланктон и его продукция / под ред. А.А.Салазкина, М.Б. Ивановой, В.А.Огородникова. – Ленинград: Гос. НИОРХ, 1984. – 33 с.
8. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
9. Салазкин, А.А. Методические рекомендации по сбору и обработке материала при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / А.А. Салазкин [и др.]. – Ленинград: ГосНИОРХ, 1984. – 51 с.
10. Катанская, В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения / В.М. Катанская. – Ленинград, 1981. – 278 с.
11. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. - Москва: Изд-во ВНИРО, 2003. – 202 с.
12. Методика выполнения измерений массовой концентрации ванадия, висмута, железа, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома, цинка в питьевых, природных и сточных водах рентгенофлуоресцентным методом после концентрирования на целлюлозных ДЭТАТА-фильтрах. – Санкт-Петербург: “Спектрон”, 2003. – 10 с.
13. Терлецкая, А.В. Использование рентгенофлуоресцентного анализа для определения тяжелых металлов в воде р. Днепр. /А.В. Терлецкая, Т.А. Богословская, В.Я.Яремченко // Химия и технол. воды, 2000. – 22, № 2. – С. 151 – 159.
14. Перевозников, М.А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах / М.А. Перевозников, Е.А. Богданова. – Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 1999. – 228 с.
15. Ваганов, А.С. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в промысловых видах рыб Куйбышевского водохранилища / А.С. Ваганов // Известия Самарского науч. центра РАН. - 2011. – Т.13, №5(2). – С. 143 - 146.
16. Косарев, В.В. Профессиональные заболевания / В.В. Косарев, В.С. Лотков. – Москва: Эксмо, 2009. – 352 с.
17. Ежова, Е.Е. Вредоносные цветения микроводорослей в Куршском заливе Балтийского моря в 2008-2011 гг. / Е.Е. Ежова [ и др.]. // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка



«Куршская коса». – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012. - Вып. 8 – С. 83-95.

EVALUATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE CHAJKA LAKE  
(CURONIAN SPIT) BY HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL  
CHARACTERISTICS

M.A. Gerb \*, E.K. Lange \*, M.V. Lyatun \*, Yu.Yu. Polunina \*, E.E. Ezhova \*,  
N.V. Chibisova \*\*

\*Atlantic Branch of P. P. Shirshov's Institute of Oceanology RAS, 236022, Kaliningrad,  
Prospect Mira, 1; E-mail: marger75@mail.ru; evlange@gmail.com

\*\*Immanuel Kant Baltic Federal University, 236041, Kaliningrad, Nevskogo Street, 14;  
E-mail: chibisovanv@mail.ru

The results of the complex researches of the modern environmental status of the Chajka lake on the Curonian spit by hydrobiological and hydrochemical characteristics are performed. The results of the studies in 2009 and 2012 show a slight increase of anthropogenic pollution. There was a high load of organic substances and heavy metal pollution, bloom water. The negatively effect of the biodiversity of aquatic organisms was marked.

*the environmental status, phytoplankton, zooplankton, macrozoobentos, heavy metals, nutrients, the Chajka lake, the Curonian spit*