
БИОЛОГИЯ

УДК 598.2.576.895.1.574.24

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОГО ОТВЕТА РЫБОЯДНЫХ ПТИЦ НА ПАРАЗИТАРНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ МЕСТООБИТАНИЙ В ВОСТОЧНОМ ПРИАЗОВЬЕ

© 2016 г. В.В. Куклин¹, М.М. Куклина¹, И.С. Усягина¹, чл.-корр. РАН Д.Г. Матишов²

Аннотация. Проведено исследование влияния паразитарного заражения и загрязнения среды обитания на физиологическое состояние рыбоядных птиц, гнездящихся в дельте р. Дон и на островах в Таганрогском заливе Азовского моря, – хохотуньи (*Larus cachinnans*) и континентального подвида большого баклана (*Phalacrocorax carbo sinensis*). Комплексное эколого-физиологическое исследование птиц включало гематологический и биохимический анализ крови, паразитологический анализ, определение содержания тяжелых металлов и искусственных радионуклидов в мышцах и костях птиц. Гельминтофауна хохотуньи включает 11 видов трематод, 6 видов цестод и 7 видов нематод, среди которых доминируют трематоды рода *Diplostomum* и *Mesorchis pseudoechinatus*. Большой баклан заражен 3 видами трематод, 1 видом цестод и 7 видами нематод, преобладающие виды гельминтов – *Petasisiger phalacrocoracis*, *Paryphostomum radiatum*, *Paradilepis scolecina*, *Contracoecum rudolphii* и *Eustrongylides exicus*. Отмечено, что высокая интенсивность инвазии гельминтами вызывает у птиц ряд изменений в белковом и углеводном обмене, а повышенные концентрации свинца – многочисленные микроядерные нарушения в эритроцитах и снижение содержания кальция в плазме крови. Уровни удельной активности радиоактивных элементов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в костях и мышцах исследованных птиц были низкими и не отличались от ранее измеренных показателей, что свидетельствует о незначительном радиоактивном загрязнении местобитаний и кормовых объектов рыбоядных птиц Восточного Приазовья. Установлено, что влияние биотических и антропогенных факторов, в первую очередь паразитов, тяжелых металлов и искусственных радионуклидов, не представляет серьезной угрозы для массовых видов орнитофауны Восточного Приазовья на уровне популяций.

Ключевые слова: хохотунья, *Larus cachinnans*, большой баклан, *Phalacrocorax carbo sinensis*, гельминты, тяжелые металлы, радиоактивное загрязнение, биохимия плазмы крови, гематология, Восточное Приазовье.

SPECIFIC FEATURES OF PHYSIOLOGIC-BIOCHEMICAL RESPONSE OF FISH-EATING BIRDS TO PARASITIC INFECTION AND CONTAMINATION OF HABITATS IN THE EASTERN PART OF THE SEA OF AZOV REGION

V.V. Kuklin¹, M.M. Kuklina¹, I.S. Usyagina¹, Corresponding Member RAS D.G. Matishov²

Abstract. Analysis of the results of complex ecologo-physiological research of two dominant species of seabirds in the Eastern Part of the Sea of Azov Region, nestling in the Don Delta and on the islands of the Taganrog Bay of the Sea of Azov, – continental sub-species of Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) and Yellow-legged Gull (*Larus cachinnans*) is presented. Impact of parasitic infection and contamination

¹Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17, e-mail: kuklin@mmbi.info.

²Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41.

of habitat on organism of seabirds is estimated. Hematological and biochemical blood tests, parasitological analysis, determination of level of heavy metals and artificial radioactive nuclides in muscles and bones of birds were carried out. The helminthofauna of Yellow-legged Gull includes 11 species of trematodes, 6 species of cestodes and 7 species of nematodes. Trematodes of genus *Diplostomum* and *Mesorchis pseudoechinatus* are dominant species in helminthofauna of Yellow-legged Gull. Great Cormorant is infected with 3 species of trematodes, 1 species of cestodes and 7 species of nematodes. *Petasiger phalacrocoracis*, *Paryphostomum radiatum*, *Paradilepis scollecina*, *Contracoecum rudolphii* and *Eustrongylides exicus* are dominant species of helminths in Great Cormorant. The levels of specific activity of radioactive nuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the bones and muscles of the birds are low and do not differ from the previously measured ones. These parameters indicate little contamination of the habitat of fish-eating birds and their feeding objects in the Eastern Part of the Sea of Azov Region. High intensity of invasion by helminths produced abnormalities in protein and carbohydrate metabolism of the seabirds. Increased lead level in birds' tissues promoted numerous micro-nuclear abnormalities in red blood cells and reduction of calcium concentration in blood plasma. It was ascertained that the impact of biotic and anthropogenic factors (parasitic infection, heavy metals and radioactive nuclides) does not pose a serious threat to the mass species – *P. carbo sinensis* and *L. cachinnans* – of avifauna in the Eastern Part of the Sea of Azov Region at the population level.

Keywords: Yellow-legged Gull, *Larus cachinnans*, Great Cormorant, *Phalacrocorax carbo sinensis*, helminths, heavy metals, radioactive contamination, biochemistry of blood plasma, hematology, Eastern Part of the Sea of Azov.

ВВЕДЕНИЕ

Роль птиц в функционировании морских и прибрежных экосистем чрезвычайно велика и, возможно, еще не оценена полностью. В ходе эволюции морские птицы хорошо адаптировались к условиям существования в море, и массовые виды орнитофауны могут служить надежным индикатором общего состояния среды. Вместе с этим птицы очень уязвимы для различных негативных воздействий, и любые изменения в условиях существования быстро отражаются на морских птицах, как на уровне отдельных особей, так и на уровне популяций [1].

Эта проблема особенно актуальна для юга Европейской России, в частности региона Восточного Приазовья. На островах и косах Таганрогского залива и в дельте р. Дон расположены многочисленные колонии морских и околоводных птиц [2; 3]. В то же время для указанного района характерны высокая плотность населения, интенсивное судоходство и рыболовство, наличие охотничьих угодий и развитый агропромышленный комплекс. Вследствие этого локальные популяции птиц испытывают на себе сильное антропогенное воздействие. Кроме того, морские птицы активно участвуют в распространении гельминтных инвазий и служат источником заражения многих видов домашних птиц и коммерческих видов рыб в птицеводческих и прудовых хозяйствах, большое количество которых сосредоточено именно в Приазовье. Скудность и ослабленный иммунитет птиц и рыб при искусственном разведении способствуют быстрому распространению заболеваний и тяжелой форме их протекания, что приводит к снижению товарного качества продукции, эпидемиям и массовой гибели животных.

Установлена важная роль диких птиц в распространении опасных заболеваний для ряда районов на побережье Каспийского и Черного морей [4–6]. Однако в Приазовье подобные исследования практически не проводились. На сегодняшний день остаются неизвестными видовой состав паразитофауны птиц, пути циркуляции гельминтов в наземных и морских экосистемах, степень их патогенности для своих хозяев. Отсутствие необходимой информации значительно затрудняет объективную оценку роли птиц в переносе инвазий, выработку эффективных мер по диагностике и профилактике паразитарных заболеваний.

Одним из основных факторов, способных вызывать морфофизиологические и функциональные изменения в организме, является загрязнение среды радиоактивными веществами [7]. В Восточном Приазовье, как и в других регионах Юга России, все еще ощущается влияние последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС). Существует опасность вторичного радиоактивного загрязнения экосистемы Азовского моря в результате взмучивания и поступления в воду из донных отложений долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr [8; 9]. Реакция организма на хроническое облучение низкими дозами радиации, выраженная в истощении антиоксидантной системы и микроядерных нарушениях, наблюдалась как в эксперименте [10], так и при анализе биохимических показателей у людей, вошедших в группу радиационного риска после аварии на ЧАЭС [11]. Рыбоядные птицы, замыкая водные трофические цепи, накапливают максимальное количество радионуклидов [12]. Оценка влияния внутреннего облучения от ^{137}Cs и

^{90}Sr , инкорпорированных в мышцах и костях птиц, на их биохимический статус может использоваться при разработке экспресс-методов мониторинга радиоактивного загрязнения морских экосистем.

В бассейне и прибрежной зоне Азовского моря неоднократно проводились исследования общего состояния морской и околоводной орнитофауны, содержания тяжелых металлов в тканях птиц и их гематологическое тестирование [13–16]. Однако влияние многих факторов и природного, и антропогенного происхождения при этом почти не учитывалось и не подтверждалось результатами биохимических анализов.

В связи с этим на базе Азовского филиала Мурманского морского биологического института (ММБИ) Кольского научного центра РАН и Южного научного центра РАН проведено комплексное эколого-паразитологическое обследование рыбадных птиц Восточного Приазовья. Целью данной работы было изучение влияния биотических (инвазия паразитами) и антропогенных (загрязнение тяжелыми металлами и радионуклидами) факторов на состояние морских птиц с использованием методов биохимических исследований. В качестве объектов исследования выбраны наиболее массовые виды птиц дельты р. Дон – континентальный подвид большого баклана (*Phalacrocorax carbo sinensis*) и хохотунья (*Larus cachinnans*).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран в апреле – мае 2007 г. в ходе береговой экспедиции в районе дельты р. Дон (о-в Мартышка) и на двух искусственных островках, на которых установлены створные знаки, служащие маяками для морской навигации и обозначающие вход в р. Дон со стороны Таганрогского залива (табл. 1). Искусственные острова расположены на расстоянии 14 км от устья р. Дон, один из них – в 3 км от первого по судовому ходу. Они имеют округлую форму диаметром около 100 м («нижний») и 90 м («верхний») соответственно, представляют собой каменистые насыпи, покрытые кустарниковой и древесной растительностью с преобладанием ивы.

Таблица 1. Дата и место отбора проб

Table 1. Date and place of sampling

Вид (количество экз.)	Район отбора	Дата отбора	Координаты	
			Широта	Долгота
Большой баклан ($n=5$)	Дельта р. Дон, о-в Мартышка	24.04.2007	47° 19' 07"	39° 22' 15"
Хохотунья ($n=4$)	Дельта р. Дон, о-в Мартышка	24.04.2007	47° 19' 07"	39° 22' 15"
Хохотунья ($n=3$)	Искусственный остров первого створного знака	27.04.2007	47° 08' 13"	39° 12' 52"
Хохотунья ($n=2$)	Искусственный остров второго створного знака	26.04.2007	47° 09' 04"	39° 16' 15"
		14.05.2007		

Гематологический и биохимический анализ крови. Отбор крови производили из подкрыльцевой вены. Изготавливали мазки крови, по которым после окрашивания по методу Романовского – Гимзе определяли лейкоцитарную формулу и количество микроядерных нарушений в эритроцитах птиц [17]. Наряду с этим проводили биохимический анализ состава плазмы крови птиц. Для этого гепаринизированную кровь центрифугировали при 2000 об/мин в течение 15 мин. Полученную плазму крови замораживали и впоследствии обрабатывали в лабораторных условиях. В плазме крови определяли концентрацию общего белка с помощью биуретового метода, а также содержание белковых фракций – с использованием электрофореза на бумаге [18]. С применением метода Троицкого и соавторов установили уровень модифицированной формы альбумина [19]. Активность альфа-амилазы, а также концентрации мочевины, мочевой кислоты, креатинина, триглицеридов, холестерина, глюкозы, кальция, магния и хлоридов измеряли с использованием наборов для биохимического анализа фирмы «Абрис+» (Россия). Содержание общих липидов, фосфолипидов и активность холинэстеразы определяли при помощи наборов для биохимического анализа фирмы Lachema (Чехия).

Паразитологический анализ. Вскрытие птиц, поиск, фиксация гельминтов проводились по стандартным паразитологическим методикам [20]. В ходе работы определена видовая принадлежность найденных паразитов по соответствующим сводкам [21; 22] и подсчитаны экстенсивность инвазии (ЭИ), интенсивность инвазии (ИИ) и индекс обилия (ИО).

Определение тяжелых металлов и искусственных радионуклидов в пробах. Содержание тяжелых металлов определяли на базе междисциплинарной лаборатории Южного научного центра РАН с помощью атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-Z.ЭТА» с электротермической атомизацией, производитель ООО «КОРТЭК». Пробы мышечной и костной тканей птиц подвергали мокрому озолею в системе микроволновой подготовки «Урал-Гефест» по стандартной методике. Полученный минерализат количественно переносили в мерную колбу

объемом 25 мл и доводили до метки бидистиллированной водой. В данном растворе определяли концентрации тяжелых металлов согласно условиям и температурным программам, разработанным фирмой-производителем спектрометра.

Искусственные радионуклиды определяли в лаборатории радиоэкологии ММБИ. Поступившие на исследования образцы тканей птиц (кости и мышцы) предварительно измельчали, сушили при температуре до 105 °С и гомогенизировали. Приготовленные таким образом счетные образцы помещали в сосуды определенной геометрии и отправляли на измерение. Измерение удельной активности ^{137}Cs проводилось на γ -спектрометрической установке фирмы Canberra (США), включающей полупроводниковый детектор из чистого германия, портативный криостат, цифровой многоканальный анализатор InSpector-2000, свинцовую защиту. Временной режим измерений – 86400 с. Для обработки γ -спектров использовалось программное обеспечение Genie-2000. Удельную активность ^{137}Cs в счетных образцах рассчитывали на дату отбора проб.

Содержание ^{90}Sr в пробах определяли посредством измерения активности радионуклида ^{90}Y . Поскольку радиоактивное равновесие между ^{90}Sr и ^{90}Y устанавливается в процессе подготовки пробы (радиохимическое выделение ^{90}Sr), считается, что активность ^{90}Y равна активности ^{90}Sr . Измерение удельной активности ^{90}Y в счетном образце проводили на сцинтилляционной установке LS-6500 фирмы “Beckman Instruments Inc.” (США), для которой предварительно определена эффективность прибора к излучению Черенкова с помощью эталонного раствора радионуклидов $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. Время экспозиции счетного образца составляет 3600 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате паразитологического обследования у хохотуни и большого баклана обнаружены представители трематод, ленточных и круглых червей (табл. 2, 3). При этом гельминтофауна хохотуни

оказалась значительно богаче по видовому составу (табл. 2). Трематоды представлены 11 видами, цестоды – 6 видами, нематоды – 7 видами. Наиболее массовые виды – трематоды рода *Diplostomum* и *Mesorchis pseudoechinatus*, ленточные черви *Tetrabothrius erostris* и нематоды *Paracuaria adunca*. Самые высокие значения индекса обилия характерны для трематод рода *Diplostomum* и *Mesorchis pseudoechinatus* (табл. 2).

Паразитофауна большого баклана представлена 3 видами трематод, 1 видом цестод и 7 видами нематод (табл. 3). Наиболее массовые виды гельминтов для большого баклана – *Petasisiger phalacrocoracis*, *Paryphostomum radiatum*, *Paradilepis scolecina*, *Contracoecum rudolphii* и *Eustrongylides exicus*.

Анализ полученных данных позволил выявить ряд важных особенностей. В частности, из 31 обнаруженного вида паразитов только 4 вида – трематоды *Diplostomum indistinctum* и нематоды *Contracoecum rudolphii*, *C. micropapillatum* и *Capillaria carbonis* – являются общими как для большого баклана, так и для хохотуни. Вообще же в составе паразитофауны птиц отмечено много различий. Это, несомненно, связано с особенностями питания этих птиц и способами добычи ими корма. Хотя большой баклан является ярко выраженным ихтиофагом, а для хохотуни характерна эврифагия, основой рациона и у чаек, и у больших бакланов в районе проведения исследований служит рыба. Относительная встречаемость этой группы кормов у большого баклана составила 83%, а у хохотуни – 80%. Видовой состав рыб в рационе птиц схож – пиленгас (*Liza haematocheilus*), серебряный карась (*Carassius gibelio*), бычок-кругляк (*Neogobius melastomus*). Однако большой баклан питается пелагической и придонной рыбой, которую он ловит на большой глубине. Чайки же при добывании корма используют только ударное ныряние и не проникают на глубину более 1 м. Основная добыча чаек – зачастую снулая, зараженная личинками гельминтов рыба, которая медленно плавает у самой поверхности, либо нерестящаяся на прибрежных мелководьях. Возможно, что видовое многообразие паразитических червей хохотуний вызвано этими причинами.

Таблица 2. Гельминты хохотуни ($n=9$) Восточного Приазовья (апрель – май 2007 г.)

Table 2. Helminths of Yellow-legged Gull ($n=9$) from Eastern Part of the Sea of Azov Region (April – May 2007)

Виды гельминтов	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии, экз.	Индекс обилия, экз.
Trematoda			
<i>Diplostomum indistinctum</i> (Guberlet, 1923) Hughes, 1929	77,8	11–147	55,1
<i>Diplostomum helveticum</i> (Dubios, 1929) Shigin, 1977	11,1	130	14,1
<i>Diplostomum chromatophorum</i> (Brown, 1931) Shigin, 1986	44,4	4–23	4,5

Окончание табл. 2

<i>Diplostomum gasterostei</i> M.O. (Williams, 1966)	11,1	20	2,2
<i>Diplostomum spathaceum</i> (Rudolphi, 1919)	33,3	16–35	8,2
<i>Diplostomum nordmanni</i> (Shigin, Sharipov, 1986)	33,3	9–77	13,3
<i>Diplostomum phoxini</i> (Faust, 1918) Arvy et Buttner, 1954	11,1	8	0,9
<i>Mesorchis pseudoechinatus</i> (Olsson, 1876) Dietz, 1909	100,0	6–359	127,0
<i>Cryptocotyle lingua</i> (Creplin, 1825)	22,2	2–121	13,7
<i>Maritrema echinocirrata</i> (Leonov, 1958)	33,3	23–139	23,7
<i>Apophallus mühlengi</i> (Jägerskiöld, 1899) Lühe, 1909	22,2	18–152	18,9
Cestoda			
<i>Paricterotaenia porosa</i> (Rudolphi, 1810) Fuhrmann, 1932	22,2	12–28	4,4
<i>Paricterotaenia ransomi</i> (Linton, 1927)	44,4	2–52	8,8
<i>Tetrabothrius erostris</i> (Loennbevg, 1896)	66,7	1–17	3,9
<i>Alcataenia dominicana</i> (Kolotilova, 1912)	11,1	1	0,11
<i>Anomotaenia micracantha</i> <i>micracantha</i> (Krabbe, 1869)	22,2	1–3	0,44
<i>Microsomacanthus</i> sp.	11,1	1	0,11
Nematoda			
<i>Paracuaria adunca</i> (Creplin, 1846) Anderson and Wong, 1981	100,0	1–76	11,4
<i>Rusguniella elongata</i> (Rudolphi, 1819)	11,1	1	0,11
<i>Thominx spirale</i> (Molin, 1858)	22,2	1–28	3,2
<i>Capillaria carbonis</i> (Rudolphi, 1819)	22,2	1–7	0,89
<i>Contracoecum micropapillatum</i> (Stossich, 1890)	22,2	1–2	0,33
<i>Contracoecum rudolphii</i> (Hartwich, 1964)	11,1	7	0,78
<i>Nematoda</i> sp.	11,1	1	0,11

Таблица 3. Гельминты большого баклана ($n=5$) Восточного Приазовья (апрель – май 2007 г.)**Table 3.** Helminths of Great Cormorant ($n=5$) from Eastern Part of the Sea of Azov Region (April – May 2007)

Виды гельминтов	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии, экз.	Индекс обилия, экз.
Trematoda			
<i>Petasiger phalacrocoracis</i> (Yamaguti, 1939)	100,0	5–104	50,0
<i>Paryphostomum radiatum</i> (Dujardin, 1845)	80,0	12–78	38,5

<i>Diplostomum indistinctum</i> (Guberlet, 1923) Hughes, 1929	20,0	1	0,2
Cestoda			
<i>Paradilepis scolecina</i> (Rudolphi, 1819) Hsu, 1935	60,0	22–202	71,6
Nematoda			
<i>Contracoecum rudolphii</i> (Hartwich, 1964)	80,0	8–51	28,0
<i>Eustrongylides excisus</i> (Jägerskiöld, 1909)	80,0	14–28	15,2
<i>Eustrongylides tubifex</i> (Nitzsch, 1819)	20,0	4	0,8
<i>Capillaria carbonis</i> (Rudolphi, 1819)	40,0	3–6	1,8
<i>Capillaria podicipitis</i> (Yamaguti, 1941)	20,0	3	0,6
<i>Contracoecum micropapillatum</i> (Stossich, 1890)	20,0	2	0,4
<i>Desmidocerca aerophila</i> (Skrjabin, 1915)	20,0	1	0,2

Результаты измерения содержания тяжелых металлов и искусственных радионуклидов в мышцах и костях исследованных птиц представлены в табл. 4. Согласно полученным данным, содержание металлов в мышцах и костях птиц незначительно, за исключением уровня свинца в тканях большого баклана. В частности, у двух особей баклана уровень свинца в мышцах был высоким и составил 21,5 и 28,0 мкг/г сухого вещества. При использовании данных о среднем составе живого вещества планеты по

В.И. Вернадскому и общего ряда концентраций элементов для диких уток $Zn > Cu > Mn > Cr > Pb > Cd > Ni$ обнаружено, что полученный ряд содержания металлов в мышцах чайки хохотуньи совпадает с установленными закономерностями [23; 24]. В то же время ряды уровней металлов для костей большого баклана и хохотуньи, а также для мышц баклана имеют отклонения и изменяются по однотипной тенденции. Так, обнаружено высокое содержание свинца и низкая концентрация меди в тканях (табл. 4).

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в мышцах и костях большого баклана и хохотуньи Восточного Приазовья (апрель – май 2007 г.)

Table 4. Heavy metals and radioactive nuclides in muscles and bones of Great Cormorant and Yellow-legged Gull from Eastern Part of the Sea of Azov Region (April – May 2007)

Концентрация/ удельная активность	Большой баклан (n=5)		Хохотунья (n=9)	
	мышцы	кости	мышцы	кости
Свинец, мкг/г сух. в.	<u>0,7</u> 0,4–28	<u>1,2</u> 0,2–6,2	<u>1,1</u> 0,1–3,0	<u>4,3</u> 0,6–9,8
Хром, мкг/г сух. в.	<u>0,3</u> 0,2–0,8	<u>0,09</u> 0,07–0,25	<u>0,13</u> 0,06–0,23	<u>0,12</u> 0,08–0,14
Кадмий, мкг/г сух. в.	<u>0,03</u> 0,03–0,1	<u>0,03</u> 0–0,03	<u>0,03</u> 0–0,09	<u>0,04</u> 0–0,06
Марганец, мкг/г сух. в.	<u>2,5</u> 1,9–2,7	<u>10,3</u> 8,8–12,8	<u>2,0</u> 1,5–2,8	<u>8,5</u> 6,3–11
Медь, мкг/г сух. в.	<u>7,8</u> 4,6–8,6	<u>1,3</u> 0,8–1,7	<u>4,8</u> 4,5–6,6	<u>0,9</u> 0,8–1,1
Цинк, мкг/г сух. в.	<u>71</u> 54–77,6	<u>114</u> 97–119	<u>78</u> 53–91	<u>124</u> 87–172
Железо, мкг/г сух. в.	<u>249</u> 212–329	<u>234</u> 208–337	<u>192</u> 162–295	<u>283</u> 205–382

Окончание табл. 4

Стронций, мкг/г сух. в.	$\frac{1,9}{1,5-3,1}$	$\frac{163}{99-183}$	$\frac{0,6}{0,3-3,4}$	$\frac{105,8}{70-192}$
Кобальт, мкг/г сух. в.	$\frac{0,1}{0,1-0,2}$	< 0,1	<0,1	<0,1
Никель, мкг/г сух. в.	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Мышьяк, мкг/г сух. в.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
^{40}K , Бк/кг сух. в.	$\frac{322}{292-413}$	Нет данных	$\frac{312}{234-445}$	Нет данных
^{137}Cs , Бк/кг сух. в.	$\frac{0,9}{0,6-2,9}$	Нет данных	$\frac{1,1}{0,2-2,6}$	Нет данных
^{90}Sr , Бк/кг сух. в.	Нет данных	$\frac{1,5}{0,6-1,5}$	Нет данных	$\frac{3,2}{0,1-4,6}$

Уровни удельной активности радиоактивных элементов ^{137}Cs и ^{90}Sr в костях и мышцах исследованных птиц были низкими и не отличались от ранее измеренных показателей [13; 15]. Полученный результат свидетельствует о незначительном радиоактивном загрязнении местообитаний и кормовой базы рыбоядных птиц Восточного Приазовья.

Кроме того, измерены гематологические и биохимические показатели крови большого баклана и хохотуны (табл. 5). На основании полученных данных можно сделать вывод, что заражение гельминтами большого баклана и хохотуны вызывает значительное увеличение количества эозинофилов в крови. Кроме того, у хохотуны с высокой ИИ трематодами *Diplostomum indistinctum* и *Mesorchis pseudoechinatus* и у бакланов с высокой ИИ цестодами *Paradilepis*

scolecina зарегистрировано снижение концентрации альбумина и активности холинэстеразы по сравнению с менее зараженными животными. Известно, что холинэстераза и альбумин синтезируются в клетках печени. Возможно, что высокая ИИ гельминтами вызывает интоксикацию печени, вследствие чего снижается активность протеолитической функции гепатоцитов. Наличие массового заражения *Diplostomum indistinctum* и *Mesorchis pseudoechinatus* у хохотуны может в целом негативно отражаться на физиологическом состоянии взрослых особей, и в особенности птенцов. Ранее описаны случаи гибели птенцов серебристой чайки в Черноморском заповеднике и на сопредельной территории Херсонской области Украины, в состав гельминтофауны которых также входили вышеупомянутые трематоды [4].

Таблица 5. Гематологические и биохимические показатели крови большого баклана и хохотуны Восточного Приазовья (апрель – май 2007 г.)

Table 5. Hematological and biochemical parameters of blood of Great Cormorant and Yellow-legged Gull from Eastern Part of the Sea of Azov Region (April – May 2007)

Показатель	Большой баклан (n=5)	Хохотуна (n=9)
Лимфоциты, %	58,3±5,0	50,6±3,6
Моноциты, %	1,0±0,1	1,9±0,4
Базофилы, %	—	1,0±0,01
Эозинофилы, %	23,5±5,4	22,9±3,4
Нейтрофилы, %	17,0±1,9	24,3±2,6
Микроядерные нарушения, на 1000 эритроцитов	12,7±2,8	2,9±0,4
Общий белок, г/л	42,9±3,3	39,6±2,3
Альбумин, г/л	20,8±1,9	17,8±1,9
Альфа-глобулины, г/л	5,5±0,9	6,4±0,5
Бета-глобулины, г/л	6,3±1,1	7,1±0,7
Гамма-глобулины, г/л	10,3±1,6	8,1±0,7
Модифицированная форма альбумина, %	25,6±5,4	23,3±2,3
Активность альфа-амилазы, мг/(с·л)	19,8±1,8	33,5±0,09
Активность холинэстеразы, мккат/л	31,6±0,2	48,8±5,7

Мочевина, ммоль/л	4,9±0,7	5,8±0,4
Мочевая кислота, ммоль/л	1,8±0,4	1,4±0,2
Креатинин, мкмоль/л	64,1±6,8	68,9±9,0
Общие липиды, г/л	2,0±0,3	8,4±0,8
Фосфолипиды, ммоль/л	8,2±0,6	5,2±0,4
Триглицериды, ммоль/л	1,3±0,3	3,7±0,6
Холестерин, ммоль/л	8,9±1,4	5,8±0,5
Глюкоза, ммоль/л	14,2±2,3	14,3±2,3
Магний, ммоль/л	1,35±0,17	1,3±0,1
Кальций, ммоль/л	2,1±0,1	2,2±0,1
Хлориды, ммоль/л	118,4±5,9	117,2±8,2

Биохимические исследования крови также позволили обнаружить негативные последствия влияния повышенных концентраций тяжелых металлов на организм птиц. У больших бакланов с высоким уровнем накопления в мышцах свинца содержание кальция в плазме крови (1,55 ммоль/л) заметно ниже среднестатистических показателей (табл. 5). Гематологические же тесты позволили определить, что количество микроядерных нарушений (выпячиваний, перетяжек и собственно микроядер) в эритроцитах этих птиц почти вдвое превышает среднее значение указанного параметра (20,0/1000 иссл. клеток и 12,7/1000 иссл. клеток). Хорошо известно, что при избыточном поступлении в организм свинец ингибирует синтез гема, связывает ионы кальция, поражает сердечную мышцу [25]. Нарушения координации, поражение желудочно-кишечного тракта, ослабление мышц крыльев – это симптомы токсического действия свинца, установленные для птиц [26; 27]. Для водоплавающих птиц вышеперечисленные нарушения могут иметь самые печальные последствия, поскольку основную часть корма (рыбу) бакланы добывают с помощью активного ныряния на достаточно большие глубины.

Примечателен факт регистрации в мышцах больших бакланов повышенного содержания свинца на фоне низкой концентрации меди. Низкая концентрация меди, возможно, связана с тем фактом, что медь в организме может выполнять протекционную роль, смягчая негативное воздействие свинца, кадмия и никеля [25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, комплексное изучение влияния биотических и антропогенных факторов, в первую очередь паразитов, тяжелых металлов и искусственных радионуклидов, на состояние некоторых рыбоядных птиц Восточного Приазовья позволяет говорить о том, что на сегодняшний день их воздействие не представляет серьезной угрозы для массовых видов орнитофауны на уровне популяций. Однако проведенное исследование и дальнейшая работа дадут возможность определить стратегию, необходимые методы и те биохимические и гематологические параметры, которые позволят получить наиболее корректные и достоверные данные о негативных последствиях природного и антропогенного пресса на птиц. В условиях активного расселения большого баклана и хохотуньи по внутренним водоемам юга России и резкого увеличения численности большого баклана в последние десятилетия возрастает и актуальность изучения роли этих видов в циркуляции гельминтов и распространении паразитарных заболеваний.

Авторы выражают глубокую благодарность за помощь в проведении полевых исследований и лабораторных анализов Л.В. Маркитан, Н.Е. Кисовой, Е.В. Павельской, Е.Г. Алешиной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедева Н.В. 1997. Накопление тяжелых металлов птицами на юго-западе России. *Экология*. (1): 45–50.
2. Лебедева Н.В., Ломадзе Н.Х., Казаков Б.А., Савицкий Р.М. 2002. Популяционная экология большого баклана *Phalacrocorax carbo* в Таганрогском заливе Азовского моря. В кн.: *Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Т. IV*. Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 344–359.
3. Лебедева Н.В., Савицкий Р.М. 2006. Хохотунья (*Larus cachinnans* Pallas, 1811) в Таганрогском заливе Азовского моря. В кн.: *Экосистемные исследования Азовского, Черного, Каспийского морей. Т. VIII*. Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 225–237.
4. Леонов В.А. 1960. Динамика гельминтофауны серебристой чайки, гнездящейся на территории Черноморского заповедника. В кн.: *Ученые записки Горьковского педагогического института*. 27(2): 38–57.

5. Курочкин Ю.В., Заболотский В.И. 1961. Гельминтофауна чайковых птиц Каспийского моря. В кн.: *Труды Астраханского заповедника*. Вып. 5. С. 296–317.
6. Семенова Н.Н., Иванов В.М. 1983. Трематодофауна чайковых птиц дельты Волги и Северного Каспия. В кн.: *Паразитологические исследования в заповедниках*. М.: 23–39.
7. Ильенко А.И. 1974. Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяцию. М., Наука: 173 с.
8. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Буфетова М.В., Касаткина Н.Е., Моисеев Д.В. 2003. Исследования Азовского моря (по результатам экспедиции 2001 года). *Доклады Академии наук*. 391(2): 247–249.
9. Матишов Д.Г., Бердников С.В., Касаткина Н.Е. 2005. Опыт применения математических моделей для оценки потоков искусственных радионуклидов в экосистеме Азовского моря. В кн.: *Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей*. Под ред. Г.Г. Матишова. М., Наука: 184–197.
10. Полякова Н.В., Шишкина Л.Н. 1995. Воздействие γ -радиации разной мощности на процессы перекисного окисления липидов в тканях мышей. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 35(2): 181–188.
11. Чаяло П.П., Береза В.Я., Чоботко Г.М. 1991. Свободнорадикальные процессы и антиоксидантные системы крови в отдаленные сроки после острой лучевой болезни. *Медицинская радиология*. 36(5): 20–21.
12. Медведев Н.В. 1995. *Птицы и млекопитающие Карелии как индикаторы антропогенных загрязнений*. Дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск: 151 с.
13. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. 2001. *Радиационная экологическая океанология*. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 417 с.
14. Лебедева Н.В., Сорокина Т.В. 2002. Накопление тяжелых металлов в птицах бассейна Азовского моря. В кн.: *Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Т. IV*. Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 360–384.
15. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Лебедева Н.В. 2003. Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева и Азовского морей. *Доклады Академии наук*. 389(3): 424–426.
16. Лебедева Н.В., Абакумова Л.В. 2003. Комплексная гематологическая оценка состояния популяций морских и околоводных птиц. В кн.: *Современные проблемы физиологии и экологии морских животных*. Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 272–284.
17. Меньшиков В.В. (ред.). 1999. *Клиническая лабораторная аналитика. В 3 томах. Т. II: Частные аналитические технологии в клинической лаборатории*. М., Лабинформ – РАМЛД: 352 с.
18. Камышников В.С. 2000. *Справочник по клинико-биохимической диагностике*. Минск, изд-во Беларусь: 495 с.
19. Троицкий Г.В., Борисенко С.Н., Касимова Г.А. 1986. Инвертированный метод обработки электрофореграмм для выявления модифицированных форм альбумина. *Лабораторное дело*. (4): 229–231.
20. Галактионов К.В., Куклин В.В., Ишкулов Д.Г., Галкин А.К., Марасаев С.Ф., Марасаева Е.Ф., Прокофьев В.В. 1997. К гельминтофауне птиц побережья и островов Восточного Мурмана (Баренцево море). В кн.: *Экология птиц и тюленей в морях северо-запада России*. Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты, изд-во КНЦ РАН: 67–153.
21. *Определитель паразитов позвоночных животных Черно-го и Азовского морей*. 1975. Киев, Наукова думка: 552 с.
22. Шигин А.А. 1993. *Трематоды фауны России и сопредельных регионов. Род Diplostomum. Мариты*. М., Наука: 208 с.
23. Вернадский В.И. 1978. *Живое вещество*. М., Наука: 358 с.
24. Зорина Л.Г., Гордиенко П.С., Буквецкий Б.В., Суслов И.О. 2003. Содержание тяжелых металлов в мягких тканях диких уток, обитающих в районах Приморского края. *Электронный журнал «Исследовано в России»*. (6): 1432–1436. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/119pdf>.
25. Стиммер К., Питеринг Х., Мюрти Л., Клаудер К., Финнел В. 1980. Токсическое воздействие кадмия и свинца на сердце. В кн.: *Гигиена окружающей среды: Материалы 3-го итогового советско-американского симпозиума, Суздаль, 1979*. М.: 28–32.
26. Gjerstad K., Hanssen J. 1984. Experimental lead poisoning in willow ptarmigan. *J. Wildlife Manag.* 48(3): 1018–1022.
27. Mautino M., Bell J. 1986. Experimental lead toxicity in the ring-necked duck. *Environ. Res.* 41(2): 538–545.

REFERENCES

1. Lebedeva N.V. 1997. Accumulation of Heavy Metals by Birds in the Southwest of Russia. *Journal of Ecology*. 28(1): 45–50.
2. Lebedeva N.V., Lomadze N.H., Kazakov B.A., Savitskiy R.M. 2002. [Population ecology of European cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in the Taganrog Bay of the Sea of Azov]. In: *Ekosistemnye issledovaniya Azovskogo morya i poberezh'ya*. [Ecosystem investigations of the Sea of Azov and coastal zone]. Vol. IV. G.G. Matishov (Ed.). Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 344–359. (In Russian).
3. Lebedeva N.V., Savitskiy R.M. 2006. [Sea gull (*Larus cachinnans* Pallas, 1811) in the Taganrog Bay of the Sea of Azov]. In: *Ekosistemnye issledovaniya Azovskogo, Chernogo, Kaspiyskogo morey*. [Ecosystem investigations of the Sea of Azov, the Caspian Sea and the Black Sea]. Vol. VIII. G.G. Matishov (Ed.). Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 225–237. (In Russian).
4. Leonov V.A. 1960. [Dynamics of the helminth fauna community of herring gulls nesting in the territory of the Chernomorsky Nature Reserve]. In: *Uchyenye zapiski Gor'kovskogo pedagogicheskogo instituta*. [Scientific Transactions of Gorky Pedagogical Institute]. 27(2): 38–57. (In Russian).
5. Kurochkin Yu.V., Zabolotskiy V.I. 1961. [The helminth fauna of gulls in the Caspian Sea]. In: *Trudy Astrakhanskogo zapovednika*. [Proceedings of the Astrakhan Nature Reserve]. Issue 5. P. 296–317. (In Russian).
6. Semenova N.N., Ivanov V.M. 1983. [Trematode fauna of gulls of the Volga Delta and Northern Caspian]. In: *Parazitologicheskie issledovaniya v zapovednikakh*. [Parasitological research in the reserves]. Moscow: 23–39. (In Russian).

7. Il'enko A.I. 1974. *Kontsentrirovanie zhivotnymi radioizotopov i ikh vliyanie na populyatsiyu*. [Radioisotopes' concentration in animals and their effects on population]. Moscow, Nauka Publishers: 173 p. (In Russian).
8. Matishov D.G., Matishov G.G., Bufetova M.V., Kasatkina N.E., Moiseev D.V. 2003. Radioecological studies in the Sea of Azov (results of expedition in 2001). *Doklady Earth Sciences*. 391(2): 763–765.
9. Matishov D.G., Berdnikov S.V., Kasatkina N.E. 2005. [Experience of applying mathematical methods for the estimation of the radio-nuclides flows in the Sea of Azov ecosystem]. In: *Sovremennye informatsionnye i biologicheskie tekhnologii v osvoenii resursov shel'fovykh morey*. [Modern information and biological technologies in developing resources of shelf seas]. Matishov G.G. (Ed.). Moscow, Nauka Publishers: 184–197. (In Russian).
10. Polyakova N.V., Shishkina L.N. 1995. [Action of γ -radiation of different power on processes of lipid peroxidation in mouse tissues]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 35(2): 181–188. (In Russian).
11. Chayalo P.P., Bereza V.Ya., Chobot'ko G.M. 1991. [Free-radical processes and blood antioxidant systems in the late period following acute radiation sickness]. *Meditinskaya Radiologiya*. 36(5): 20–21. (In Russian).
12. Medvedev N.V. 1995. *Ptitsy i mlekopitayushchie Karelii kak indikator antropogennykh zagryazneniy*. Dis. ... kand. biol. nauk. [Birds and mammals of Karelia as indicators of anthropogenic pollution. PhD Thesis]. Petrozavodsk: 151 p. (In Russian).
13. Matishov D.G., Matishov G.G. 2001. *Radiatsionnaya ekologicheskaya okeanologiya*. [Radiation ecological oceanology]. Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 417 p. (In Russian).
14. Lebedeva N.V., Sorokina T.V. 2002. [Accumulation of heavy metals in the birds of the Sea of Azov basin]. In: *Ekosistemnye issledovaniya Azovskogo morya i poberezh'ya*. [Ecosystem investigations of the Sea of Azov and coastal zone]. Vol. IV. G.G. Matishov (Ed.). Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 360–384. (In Russian).
15. Matishov D.G., Matishov G.G., Lebedeva N.V. 2003. Content of artificial radionuclides in the birds of the Barents Sea and the Sea of Azov. *Doklady Biological Sciences*. 389(1–6): 157–159.
16. Lebedeva N.V., Abakumova L.V. 2003. [Complex hematological estimation of the state of the sea and near water birds populations]. In: *Sovremennye problemy fiziologii i ekologii morskikh zhivotnykh*. [Current problems of physiology and ecology of the sea animals]. G.G. Matishov (Ed.). Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 272–284. (In Russian).
17. Menshikov V.V. (Ed.) 1999. *Klinicheskaya laboratornaya analiza. Tom II: Chastnye analiticheskie tekhnologii v klinicheskoy laboratorii*. [Clinical laboratory analytics. Vol. II.: Private analytical technologies in the clinical laboratory]. Moscow, Labinform – RAMLD: 352 p. (In Russian).
18. Kamyshnikov V.S. 2000. *Spravochnik po kliniko-biokhimicheskoy diagnostike*. [Handbook of clinical-biochemical diagnosis]. Minsk, "Belarus" Publishers: 495 p. (In Russian).
19. Troitskiy V.G., Borisenko S.N., Kasymova A.G. 1986. [Inverse method of processing of electrophoregram for the identification of modified forms of albumin]. *Laboratornoe delo*. (4): 229–231. (In Russian).
20. Galaktionov K.V., Kuklin V.V., Ishkulov D.G., Galkin A.K., Marasaev S.F., Marasaeva E.F., Prokofiev V.V. 1997. [The helminth fauna of birds of the Coast and Islands of East Murman (Barents Sea)]. In: *Ekologiya ptits i tyuleney v moryakh severo-zapada Rossii*. [Ecology of birds and seals in the seas of North-Western Russia]. G.G. Matishov (Ed.). Apatity, Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 67–153. (In Russian).
21. *Opredelitel' parazitov pozvonochnykh zhivotnykh Chernogo i Azovskogo morey*. [Qualifier of vertebrate parasites of the Black Sea and the Sea of Azov]. 1975. Kiev, Naukova dumka Publishers: 552 p. (In Russian).
22. Shigin A.A. 1993. *Trematody fauny Rossii i sopredel'nykh regionov. Rod Diplostomum. Marity*. [Trematode fauna of Russia and adjacent regions. Diplostomum Genus. Marita]. Moscow, Nauka Publishers: 208 p. (In Russian).
23. Vernadskiy V.I. 1978. *Zhivoe veshchestvo*. [Living substance]. Moscow, Nauka Publishers: 358 p. (In Russian).
24. Zorina L.G., Gordienko P.S., Bukvetskiy B.V., Suslov I.O. 2003. [Content of heavy metals in the soft tissues of wild ducks living in the areas of Primorsky Region]. *Elektronnyy zhurnal "Issledovano v Rossii"*. (6): 1432–1436. Available at: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/119pdf>. (In Russian).
25. Stimmer K., Pitering Kh., Myurti L., Klauder K., Finnel V. 1980. [Toxic influence of cadmium and lead on heart]. In: *Gigiena okruzhayushchey sredy: Materialy tret'ego itogovogo sovetско-amerikanskogo simpoziuma, Suzdal, 1979*. [Environmental health: Proceedings of the 3rd Final Soviet-American Symposium, Suzdal, 1979]. Moscow: 28–32. (In Russian).
26. Gjerstad K., Hanssen J. 1984. Experimental lead poisoning in willow ptarmigan. *J. Wildlife Manag.* 48(3): 1018–1022.
27. Mautino M., Bell J. 1986. Experimental lead toxicity in the ring-necked duck. *Environ. Res.* 41(2): 538–545.

Поступила 27.11.2015