

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 598.244.2, 661.164.22

П. А. Пакуль¹, М. Г. Дмитренко¹, С. Г. Кавитова², М. В. Тарантович¹

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь,
e-mail: anderer@tut.by

²ИПТУП «Риб-Фарма», Минск, Беларусь, e-mail: chematl@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ЯЙЦАХ ЧЕРНОГО АИСТА (*CICONIA NIGRA*) В БЕЛАРУСИ

Аннотация. Черный аист (*Ciconia nigra*) – редкий охраняемый вид птиц, включенный в 3-ю категорию Красной книги Республики Беларусь. Его численность на территории Беларуси составляет 950–1300 пар. Авторы исследовали неоплодотворенные яйца черного аиста, собранные в период с 2012 по 2017 г., на содержание хлороорганических соединений. Исследование проводилось на территории заказника «Средняя Припять» (Брестская область), где наблюдается одна из самых больших плотностей гнездования черного аиста в Европе, Осиповичского района Могилевской области и Воложинского района Минской области. Выявлено содержание дихлордифенилтрихлорметилметана (далее ДДТ) в значительной концентрации и гексахлорана (далее ГХЦГ). Обсуждаются экспонированные дозы, возможные пути поступления пестицидов в организм и возможные сроки накопления ДДТ черными аистами.

Ключевые слова. Черный аист, *Ciconia nigra*, ДДТ пестициды, яйца

P. A. Pakul¹, M. G. Dmitrenok¹, S. G. Kavitova², M. V. Tarantovich¹

¹Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: anderer@tut.by

²FPTUE «REB PHARMA», e-mail: chematl@mail.ru

ORGANOCHLORINE PESTICIDES CONTENT IN BLACK STORK (*CICONIA NIGRA*) EGGS IN BELARUS

Abstract. The Black Stork (*Ciconia nigra*) is a rare protected species included in the Red Book of the Republic of Belarus. Its number is about 950–1300 pairs. In 2012–2017, we collected unfertilized eggs from the nests of the black stork during the ringing of chicks in the summer. The research was conducted on the territory of the “Middle Pripyat” nature reserve (Brest region), in the Osipovichi district (Mogilev region) and Volozhin district (Minsk region). The density of the black stork in the “Middle Pripyat” reserve is one of the highest in Europe – about 30 pairs per 100 square kilometers of forest. Significant concentration of Dichlorodiphenyltrichloroethane and Hexachlorocyclohexane were found in black stork eggs. Potential ways of contamination and the timing of accumulation of pesticides are described.

Keywords: Black Stork, *Ciconia nigra*, DDT contamination, eggs

П. А. Пакуль¹, М. Г. Дзмітрак¹, С. Г. Кавітава², М. В. Тарантовіч¹

¹Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі па біярэсурсах, Мінск, Беларусь,
e-mail: anderer@tut.by

²ЗВГУП «Рэб-Фарма», Мінск, Беларусь, e-mail: chematl@mail.ru

УТРИМАННЕ ХЛОРАОРГАНИЧНЫХ ЗЛУЧЭННЯЎ У ЯЙКАХ ЧОРНАГА БУСЛА (*CICONIA NIGRA*) У БЕЛАРУСІ

Анатацыя. Чорны бусел (*Ciconia nigra*) – рэдкі ахоўны від птушак, які ўключаны ў 3-ю катэгорыю Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь. Яго колькасць на тэрыторыі Беларусі складае 950–1300 пар. Аўтары даследавалі неаплодненыя яйкі чорнага бусла, сабраныя ў перыяд з 2012 па 2017 г., на ўтрыманне хлорарганічных злучэнняў. Даследаванне праводзілася на тэрыторыі заказніка «Сярэдняя Прыпяць» (Брэсцкая вобласць), дзе назіраецца адна з самых вялікіх шчыльнасцей гнездавання чорнага бусла ў Еўропе, Асіповіцкага раёна Могілёўскай вобласці і Валожынскага раёна Мінскай вобласці. Выяўлена ўтрыманне дыхлордыфенілтрыхлорметылметана (далей ДДТ) у значнай канцэнтрацыі і гексахлорана (далей ГХЦГ). Абмяркоўваюцца экспанаваныя дозы, магчымыя шляхі паступлення пестыцыдаў у арганізм і магчымыя тэрміны назапашвання ДДТ чорнымі бусламі.

Ключавыя словы: чорны бусел, *Ciconia nigra*, пестыцыды ДДТ, яйкі

Введение. Инсектицидные свойства ДДТ были открыты в 1939 г. [1]. После этого открытия в мире начато широкое применение данного пестицида в качестве средства борьбы с вредителями сельского хозяйства. Однако позже было выявлено серьезное негативное влияние этого соединения не только на вредителей, против которых он применялся, но и на другие биологические объекты [2]. Поэтому в СССР использование ДДТ и ДХЦГ запрещено с 70-х годов XX века [3]. Однако в некоторых странах он производится и применяется и в настоящее время. ДДТ включен в Приложение В Стокгольмской конвенции по стойким органическим загрязнителям [4]. Известно воздействие ДДТ на репродуктивную систему птиц [5]: ДДТ утончает стенку скорлупы

и приводит к гибели кладок. Вопрос влияния хлорорганических соединений в яйцах черного аиста (*Ciconia nigra*) впервые был изучен в Латвии [6], где была обнаружена угроза высоких концентраций ДДТ для размножения черного аиста.

Черный аист – редкий вид птиц, относящийся к 3-й категории Красной книги Республики Беларусь [7]. Этот вид является дальним мигрантом, места зимовки которого располагаются в центральной части Африки, где продолжается использование ДДТ. Это повышает риск накопления пестицидов в организме гнездящихся в Беларуси черных аистов. В настоящее время европейская часть популяции вида относительно стабильна, но имеет тенденцию к снижению и вызывает опасения [8]. В Беларуси популяция черного аиста также относительно стабильна, но в последние годы состояние становится менее благополучным [9].

Материалы и методы. Для исследования содержания хлорорганических соединений собирались неоплодотворенные яйца черного аиста в центральной и южной частях Республики Беларусь (рис 1).

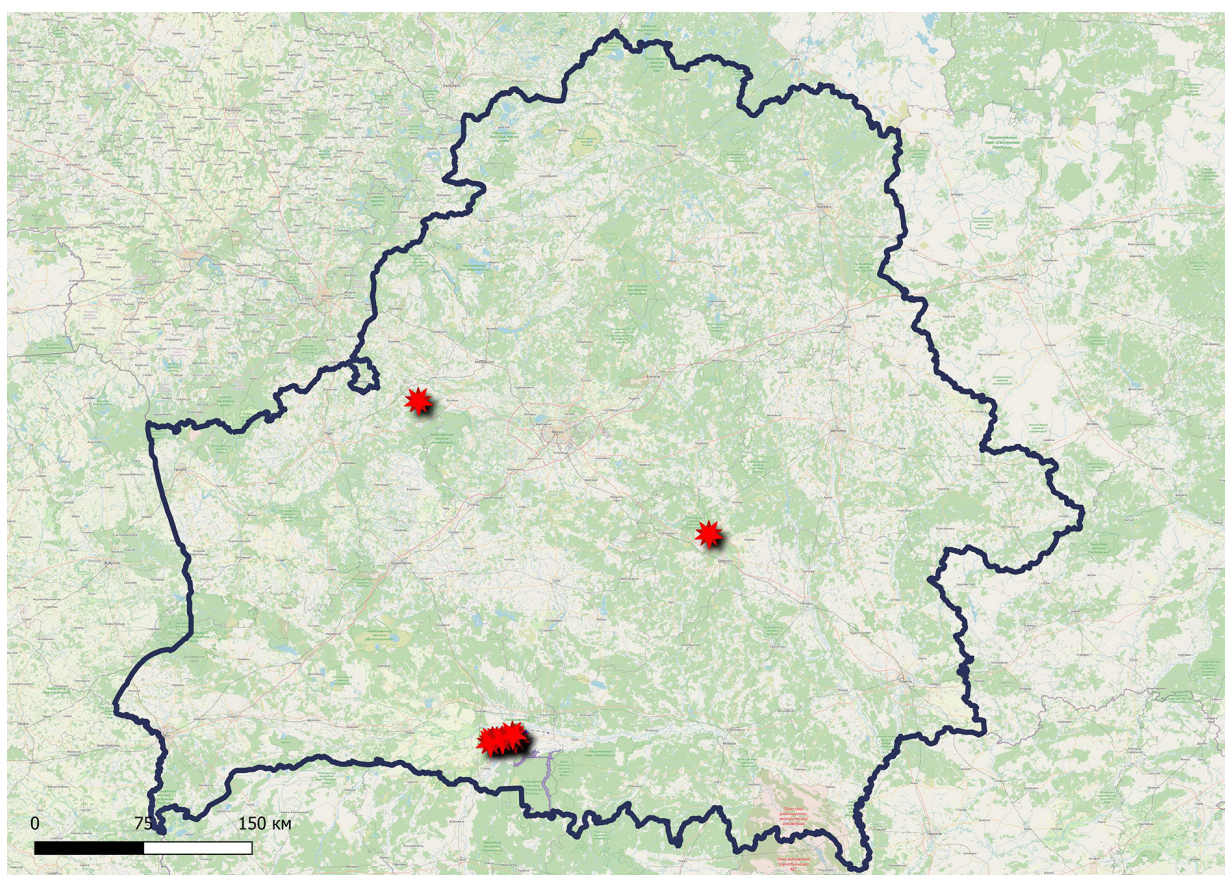


Рис. 1. Расположение мест сбора неоплодотворенных яиц черного аиста

Материал собирался в рамках исследовательской программы по мониторингу во время плановой инспекции охраняемых гнезд черного аиста. С целью минимизации фактора беспокойства для птиц в период размножения гнезда посещались лишь однократно, в период проведения работ по кольцеванию птенцов (возраст 24–45 дней). Неоплодотворенные яйца обнаружены в 10 гнездах черного аиста. Из них 8 гнезд располагались на территории заказника «Средняя Припять», расположенном в Столинском районе Брестской области (N 52° 05' E 27° 05'), одно гнездо в Воложинском районе Минской области (N 54° 07' E 26° 09'), одно в Осиповичском районе Могилевской области (N 53° 20' E 28° 53'). Всего отобрано 19 образцов в период с 2012 по 2017 г. В 3 случаях в качестве образцов была собрана только скорлупа, жидкая фракция яйца была утеряна до момента сбора образцов. На некоторых гнездах удалось собрать образцы несколько

раз за весь период исследования. Содержание пестицидов в яйцах черного аиста анализировали отдельно для скорлупы и самого содержимого яйца (желток+белок) при помощи газового хроматографа HP 6890 System с детектором электронного захвата. Для разделения экстракта использовали колонки HP-5MS, длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм. Степень извлечения определяли посредством прямого ввода стандартных растворов в растворитель. Калибровку хроматографа проводили методом внешнего стандарта. Государственные стандартные образцы (ГСО) хлорорганических пестицидов (2,4-ДДТ, 4,4-ДДТ, 2,4-ДДД, 4,4-ДДД, 2,4-ДДЕ, 4,4-ДДЕ, гептахлора, α -ГХЦГ, β -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, альдрина, диэлдрин) использовали в качестве образцов для калибровки хроматографа. За результат измерения (нг/мг) принимается среднее арифметическое трех параллельных измерений. Статистическая обработка проводилась стандартными методами.

Результаты и их обсуждение. Практически во всех образцах были обнаружены ДДТ и его метаболиты. Результаты исследования представлены в табл. 1 и 2. В желтке содержание хлорорганических соединений ($608,309 \pm 187,22SD$ нг/мг) было достоверно ($P = 0,0124$) больше, чем в скорлупе ($179,761 \pm 67,95SD$ нг/мг). В одном из образцов был также выявлен гексахлоран в концентрации 3,72 нг/мл.

Таблица 1. Концентрация хлорорганических соединений во внутреннем содержимом яиц черного аиста

Номер образца	Гнездо	Год	Концентрация ДДТ	Концентрация ДДД + ДДЕ	Концентрация хлорорганических соединений
1	CN1	2014	8,5106	320,9726	329,4833
2	CN2	2015	0,0000	22,2510	22,2510
3	CN3	2012	0,0000	2663,1579	2663,1579
4	CN4	2013	99,4792	1754,6875	1854,1667
5	CN5	2013	6,6548	1108,6957	1115,3505
6	CN6	2013	0,0000	517,9856	517,9856
7	CN7	2013	5,5866	742,5870	748,1736
8	CN8	2014	3,9063	29,1667	33,0729
9	CN8	2014	4,8187	167,2786	172,0973
10	CN5	2012	4,6021	8,9334	13,5355
11	CN9	2014	4,1520	112,7258	116,8777
12	CN9	2014	0,0000	255,6103	255,6103
13	CN4	2016	0,0000	970,0000	970,0000
15	CN7	2017	4,9277	739,1570	744,0847
16	CN4	2017	0,0000	117,2719	117,2719
19	CN10	2017	6,1926	49,9121	59,8203

Таблица 2. Концентрация хлорорганических соединений в скорлупе яиц черного аиста

Номер образца	Гнездо	Год	Концентрация ДДТ	Концентрация ДДД + ДДЕ	Концентрация хлорорганических соединений
1	CN1	2014	0,0000	0,0000	0,0000
2	CN2	2015	0,0000	13,1004	13,1004
3	CN3	2012	0,0000	0,0000	0,0000
4	CN4	2013	4,4776	271,6418	276,1194
5	CN5	2013	6,0870	755,6522	761,7391
6	CN6	2013	0,0000	0,0000	0,0000
7	CN7	2013	4,8356	496,1315	500,9671
8	CN8	2014	5,2576	139,8528	145,1104
9	CN8	2014	0,0000	0,0000	0,0000
10	CN5	2012	4,3796	4,3796	8,7591
11	CN9	2014	0,0000	0,0000	0,0000
12	CN9	2014	6,6335	1077,9436	1084,5771
13	CN4	2016	0,0000	99,5669	99,5669
14	CN5	2017	0,0000	35,3018	35,3018
15	CN7	2017	0,0000	197,6393	197,6393
16	CN4	2017	0,0000	63,6843	63,6843
17	CN2	2017	0,0000	31,4623	31,4623
18	CN2	2017	0,0000	180,2707	180,2707
19	CN10	2017	0,0000	17,1591	17,1591

Общий пул данных кластеризуется на 3 группы: 50 % всех проб хлорорганических соединений содержат менее 200 нг/мг, 37,5 % проб – от 400 до 1200 нг/мг, 12,5 % проб – более 1200 нг/мг.

В работе Тао и др. [10] оценивается суточное поступление ДДТ в яйца домашних кур с различными кормами, выводится фоновое значение ДДТ, которое достигает 30 нг/мг. Для понимания уровня значимости содержания хлорорганических соединений также будем принимать во внимание ПДК, установленный для куриных яиц в США [11] и Европе – 500 нг/мг [12]. Таким образом, мы получаем, что 37,5 % всех проб яиц черного аиста, полученных в Беларуси, содержит ДДТ и его метаболиты в концентрации до 2,5 раза более ПДК, а 12,5 % превышают ПДК более чем в 2,5 раза. Эти данные схожи с результатами, полученными в Латвии [6].

Известно, что длительное экспонирование доз ДДТ организмом самки приводит к утончению скорлуповой оболочки яиц [13, 14]. В рамках работы не измеряли физические параметры скорлупы яиц, но изучали концентрацию пестицидов в скорлупе. В 26 % случаев в скорлупе пестицидов не обнаружено, а в 10,5 % – концентрация хлорорганических соединений была больше, чем в содержимом яйца.

Для оценки времени выброса ДДТ в окружающую среду [15] используют коэффициент соотношения ДДТ к общему количеству хлорорганических соединений (ДДТ+ДДД+ДДЕ). При значениях от 0,5 до 1 можно говорить о недавнем применении ДДТ. Можно предположить, что значения ниже 0,5 соответствуют остаточным последствиям применения ДДТ до введения запрета на использование (70-е годы XX века) и отсутствие последующего поступления свежих доз ДДТ в организм последнее время. В яйцах черного аиста соотношение ДДТ к метаболитам составляло $0,03779 \pm 0,08$, а в скорлупе – $0,03033 \pm 0,11$, но в одном случае соотношение ДДТ и метаболитов в скорлупе составило 0,5. Во внутреннем содержимом этой пробы доля ДДТ составила 0,34. Этот случай может свидетельствовать о том, что на пути миграции или даже на охотничьей территории черным аистом была получена свежая доза ДДТ. При этом концентрация хлорорганических соединений в пробе составила 13,5 нг/мг в желтке и 8,7 нг/мг в скорлупе, что значительно меньше фонового значения. Можно предположить, что аист получил дозу ДДТ из воды и почвы или даже из воздуха [16]. Отметим, что не найдено существенных различий в пробах, взятых из разных регионов Беларуси, что также свидетельствует в пользу версии о получении ДДТ и его метаболитов не в Беларуси, а на зимовке и путях миграции.

По результатам спутникового мечения известно (рис. 2), что гнездящиеся на территории Беларуси черные аисты зимуют в Республике Чад и в Эритрее. Согласно отчету Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях [4], Эритрея входит в список стран, использующих ДДТ. Длительные остановки во время миграции черный аист совершает также на территории таких стран, как Болгария. Согласно отчету рабочей группы IPEN по СОЗ/пестицидам, в пробах куриных яиц, полученных из Болгарии, концентрация ДДТ превышала ПДК [1].

Анализ показал, что с 2012 по 2017 г. средняя концентрация хлорорганических соединений в яйцах черных аистов достоверно не изменялась. В 2014–2015 гг. аномальная засуха в Беларуси повлияла на успех гнездования черного аиста и, вероятно, была причиной смены кормовой базы [9]. Основным способом попадания значительных доз ДДТ в организм следует считать экспозицию через корм. Смена кормовой базы (амфибии/рыбы) могла привести к изменениям концентрации пестицидов в яйцах, чего не отмечалось. Эти факты также свидетельствуют в пользу того, что основной источник хлорорганических соединений лежит за пределами гнездовой территории исследованных пар черного аиста. ДДТ и его метаболиты достаточно долго выводятся из организма (годами) [17], потому эффект может быть растянут во времени. При этом поступление новых доз ДДТ и его метаболитов могут существенно повышать уровень пестицидов в организме.

В яйце, взятом из гнезда CN4 в 2017 г., концентрация ДДТ резко снизилась по сравнению с яйцами, взятыми из того же гнезда в 2013 и в 2016 гг., когда она была очень высока. Этот факт можно объяснить как тем, что, вероятно, самка в этой паре сменилась, так и сменой птицами мест зимовки. Достоверно известно, что в 2018 г. старого самца в этом гнезде сместил молодой самец 5-летнего возраста (определен по наличию кольца).

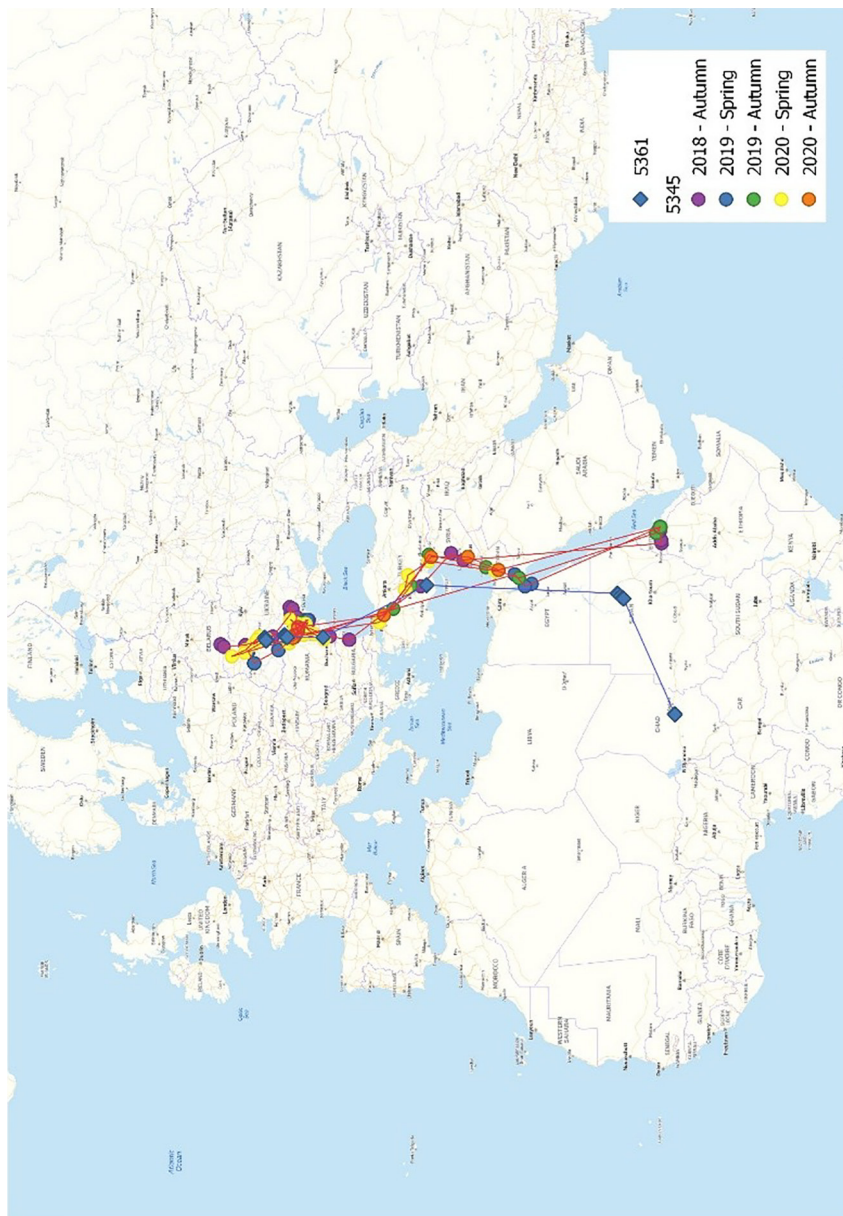


Рис. 2. Миграционные пути белорусских черных аистов по результатам спутникового мечения

Заключение. В ходе исследования выявлено наличие ДДТ и его метаболитов в яйцах черного аиста в значимой концентрации. Учитывая уязвимое состояние популяции черного аиста в Беларуси, любая угроза гнездованию является значительной. Результаты исследования говорят о том, что черный аист получает дозы пестицидов, скорее, на местах зимовки, чем на местах постоянного гнездования. Тем не менее нет достоверных данных по путям распространения и степени влияния выявленных хлорорганических соединений на популяцию черного аиста. Важно учитывать и тот факт, что продолжительность жизни черного аиста значительна, и кумулятивный эффект с возрастом может влиять сильнее. Учитывая довольно низкий успех гнездования черного аиста в последние годы, влияние пестицидов может усиливаться, что должно привлекать больше внимания исследователей.

Благодарность. Авторы выражают благодарность фонду «Цикония» (Лихтенштейн) за финансовую поддержку исследования.

Список использованных источников

1. Digangi, J. The Egg Report / J. Digangi, J. Petrlik // Technical report. – 2005. – Vol. 53. – P. 66–76/ DOI: 10.13140/RG.2.2.19316.76166
2. Rachel Carson. The New Yorker, Silent Spring. – 1962, June 30. – Vol. 64.
3. Рахматуллаев, А. Р. Пестицидная буря над Узбекистаном (ДДТ и ГХЦГ) / А. Р. Рахматуллаев // Журн. Природа. – 1993. – № 9. – С. 84–88.
4. Report of the expert group on assessment of the production and use of DDT and its alternatives for disease vector control. Conference of the Parties of the Stockholm UNEP/POPS/COP.4/5. 2009. 12 p.
5. Falk, K. A long-term increase in eggshell thickness of Greenlandic Peregrine Falcons *Falco peregrinus tundrius* / K. Falk, S. Møller, W. G. Mattox // Science of The Total Environment. – 2006. – Vol. 355(1-3) – P. 127–134. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.02.024
6. Recent impact of DDT contamination on Black Stork eggs / M. Strazds [et al.] // J. Ornithology. – 2015. – Vol. 156. – 14 p. DOI: 10.1007/s10336-015-1244-z
7. Самусенко, И. Э. Черный аист / И. Э. Самусенко, В. В. Ивановски, М. Г. Дмитренко // Красная книга Республики Беларусь. Животные. – Минск, 2015. – С. 53–54.
8. Sellis, U. Will the Black Stork remain to breed in Estonia? / U. Sellis // Hirundo. – 2000. – Vol. 13. – P. 19–30.
9. Дмитренко, М. Г. Современное состояние гнездовой группировки черного аиста в центральной части Белорусского Полесья / М. Г. Дмитренко, П. А. Пакуль // Орнитологические исследования в странах северной Евразии: тез. XV Междунар. орнитолог. конф. Северной Евразии. Дмитренко М. Г., Пакуль П. А. – М., 2020. – С. 160–161.
10. Organochlorine pesticide residuals in chickens and eggs at a poultry farm in Beijing, China / S. Tao // Environmental Pollution. – 2008. – Vol. 157. – P. 497–502. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.09.005
11. FDA. Guidance for Industry: Action Levels for Poisonous or Deleterious Substances in Human Food and Animal Feed. Август, 2000. Электронный ресурс: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-action-levels-poisonous-or-deleterious-substances-human-food-and-animal-feed#ddt>
12. EU. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC // Official Journal of the European Union, 16.3.2005. P. 1–16.
13. Hickey, J. J. Chlorinated hydrocarbons and eggshell changes in raptorial and fish-eating birds / J. J. Hickey, D. W. Anderson // Science. – 1968. – Vol. 162. P. 271–273. DOI: 10.1126/science.162.3850.271
14. Becker, D. Eggshell Quality and Organochlorine Residues in Eggs of Merlins, *Falco columbarius*, in Southeastern Montana / D. Becker, C. Hullsieg // The Canadian Field-Naturalist. – 1987. – Vol. 101. – P. 369–372.
15. Persistent organic pollutants in environment of the Pearl River Delta, China: an overview J. Fu [et al.] // Chemosphere. – 2003. – Vol. 52. – P. 1411–1422. DOI: 10.1016/S0045-6535(03)00477-6
16. Polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in surface soils from the Qinghai-Tibetan plateau S. Tao [et al.] // J. Environmental Monitoring. – 2011. – Vol. 13. – P. 175–181. DOI: 10.1039/c0em00298d
17. Lackmann, G. M. Neonatal serum p,p'-DDE concentrations in Germany: chronological changes during the past 20 years and proposed tolerance level / G. M. Lackmann // Paediatr Perinat Epidemiol. – 2005. – Vol. 19, N 1. – P. 31–35. DOI: 10.1111/j.1365-3016.2004.00621.x.

Поступила 20.01.2022