

УДК 599+598.2:632.958.31
DOI: 10.7868/25000640240110

ПРИМЕНЕНИЕ РОДЕНТИЦИДОВ И МАССОВАЯ ГИБЕЛЬ ЖИВОТНЫХ НА ЮГЕ РОССИИ

© 2024 г. Академик Г.Г. Матишов^{1,2}, В.В. Стахеев¹, Р.М. Савицкий¹

Аннотация. Выполнен обзор современных данных о применении в сельском хозяйстве пестицидов и агрохимикатов для борьбы с грызунами. Собрана информация из официальных и литературных источников и фондовых материалов о последствиях применения ядохимикатов для представителей фауны южных регионов Европейской России в 2022 г. В результате анализа полученных сведений установлена гибель 25 видов птиц и 2 видов млекопитающих, как зерноядных, так и хищных. Среди погибших животных отмечены редкие виды, включенные в Красные книги России и южных регионов РФ: дрофа *Otis tarda*, филин *Bubo bubo*, черноголовый хохотун *Larus ichthyaetus*, курганник *Buteo rufinus*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*, серый журавль *Grus grus*, болотная сова *Asio flammeus*.

Проблема контроля применения в агроэкосистемах родентицидов и связанной с ними массовой гибели диких животных остается актуальной и открытой. Отсутствие необходимой нормативной базы, должного контроля за применением родентицидов приводит к катастрофическому снижению уровня биологического разнообразия экосистем юга России. Необходимы разработка целевых программ, направленных на изучение влияния применения антикоагулянтов на биоту и здоровье человека, внедрение новых средств, методов использования родентицидов, ориентированных на снижение вреда окружающей среде, контроль у грызунов появления и распространенности мутаций, связанных с резистентностью к родентицидам.

Ключевые слова: родентициды, антикоагулянты, отравление, птицы, млекопитающие.

APPLICATION OF RODENTICIDES AND MASS DEATH OF ANIMALS IN THE SOUTH OF RUSSIA

Academician RAS G.G. Matishov^{1,2}, V.V. Stakheev¹, R.M. Savitsky¹

Abstract. A review of current data on the application of pesticides and agrochemicals to control rodents in agricultural activities in the Russian Federation and globally is made. Data on the consequences of pesticides application for representatives of the fauna of the southern regions of European Russia in 2022 were collected from official and published sources and stock materials. The analysis of the results obtained indicated the death of 25 species of birds and 2 species of mammals, including both granivorous and predatory species. Among the dead animals, rare species included in the Red Book of Russia and the red books of the southern regions of the Russian Federation were registered: Great Bustard *Otis tarda*, Eagle Owl *Bubo bubo*, Great Black-headed Gull *Larus ichthyaetus*, Long-legged Buzzard *Buteo rufinus*, White-tailed Eagle *Haliaeetus albicilla*, Crane *Grus grus*, Short-eared Owl *Asio flammeus*.

The issue of control over the application of rodenticides in agroecosystems, and the related mass death of wild animals, remains relevant and open. The lack of the necessary regulatory frameworks and the proper control over the use of rodenticides leads to a catastrophic decrease in the level of biological diversity within the ecosystems in the South of Russia. It is necessary to develop targeted programmes aimed at studying the impact of anticoagulants application on biota and human health, the introduction of new means and methods of using rodenticides aimed at reducing the harm to the environment, controlling the occurrence and prevalence of mutations in rodents associated with resistance to rodenticides.

Keywords: rodenticides, anticoagulants, poisoning, birds, mammals.

¹ Федеральное исследовательское учреждение Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: ramiz@ssc-ras.ru

² Мурманский морской биологический институт Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17

Сельскохозяйственное производство стало одним из главных факторов развития экономики Российской Федерации. Наиболее выражен рост сельскохозяйственного производства в южных регионах нашей страны, где урожаи, прежде всего пшеницы, регулярно бьют рекорды. Одновременно с интенсификацией сельского хозяйства нарастают и связанные с этим экологические проблемы. В последние годы помимо таких давно известных отрицательных факторов, как ухудшение качества почвенных ресурсов, дождевой вынос удобрений в водоемы, актуализировалось еще одно негативное явление – гибель животных в результате применения родентицидов.

Согласно «Государственному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» [1] для борьбы с грызунами на полях рекомендована эксплуатация 15 препаратов. Действие одного из них основано на использовании микробиологического агента. Остальные относят к антикоагулянтам II поколения на основе бромациолона и бродифакума. Специфика пестицидов этой группы – наличие кумулятив-

ного, то есть накопительного, эффекта, что делает возможным миграцию этих соединений по пищевым цепям в экосистемах и их токсичное влияние на консументов более высокого ранга. Механизмы и пути движения антикоагулянтов в биоценозе довольно хорошо охарактеризованы в зарубежной литературе [2–4]. В отечественных публикациях эта проблема пока лишь только обозначена [5–7].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основой для работы послужили материалы, собранные в ходе проведения экспедиционных исследований сотрудниками Южного научного центра Российской академии наук в долине р. Маныч на территориях Ростовской области, Ставропольского края и Республики Калмыкия [8; 9], а также сведения из официальных и опубликованных источников о случаях и масштабах гибели животных в южных регионах европейской части России. Для оценки воздействия родентицидов были проанализированы имеющиеся данные об обнаружении антикоагулянтов в печени различных животных в разных странах.

Таблица 1. Количество погибших в результате использования родентицидов животных в регионах юга России в 2021–2023 гг.
Table 1. Mortality rate of animals as a result of the rodenticides application in the regions of Southern Russia in 2021–2023

Вид Species	Ставропольский край Stavropol Territory	Ростовская область Rostov Region	Краснодарский край Krasnodar Territory	Республика Крым Republic of Crimea
Птицы Birds				
Курганник / Long-legged Buzzard <i>Buteo rufinus</i> * (Gretz., 1827)			2	
Орлан-белохвост / White-tailed Eagle <i>Haliaeetus albicilla</i> * (L., 1758)	4			
Серый журавль / Crane <i>Grus grus</i> * (L., 1758)	2926	15 (2021) 1 (2022) 8 (2023)		
Дрофа / Great Bustard <i>Otis tarda</i> * L., 1758				72 (2021)
Черноголовый хохотун / Great Black-headed Gull <i>Larus ichthyaetus</i> * Pall., 1773		64 (2021)		
Филин / Eagle Owl <i>Bubo bubo</i> * (L., 1758)	3			
Болотная сова / Short-eared Owl <i>Asio flammeus</i> * (Pont., 1763)	65		3	

Окончание табл. 1

Вид Species	Ставропольский край Stavropol Territory	Ростовская область Rostov Region	Краснодарский край Krasnodar Territory	Республика Крым Republic of Crimea
Серая цапля / Grey Heron <i>Ardea cinerea</i> L., 1758	25			
Лебедь-шипун / Mute Swan <i>Cygnus olor</i> (Gm., 1789)	40			
Лебедь-кликун / Whooper Swan <i>Cygnus cygnus</i> (L., 1758)	68			
Огарь / Ruddy Shelduck <i>Tadorna ferruginea</i> (Pall., 1764)	43			
Кряква / Mallard <i>Anas platyrhynchos</i> L., 1758	4910			
Зимняк / Rough-legged Buzzard <i>Buteo lagopus</i> (Pont., 1763)	2		4	
Обыкновенный канюк / Buzzard <i>Buteo buteo</i> (L., 1758)	2		11	
Обыкновенная пустельга / Kestrel <i>Falco tinnunculus</i> L., 1758			2	
Серая куропатка / Grey Partidge <i>Perdix perdix</i> (L., 1758)	67			
Фазан / Pheasant <i>Phasianus colchicus</i> L., 1758	259			
Хохотунья / Yellow-legged Gull <i>Larus cachinnans</i> Pall., 1811	1450	500		
Вяхирь / Woodpigeon <i>Columba palumbus</i> L., 1758	20		2998	
Клинтух / Stock Dove <i>Columba oenas</i> L., 1758			35	
Кольчатая горлица / Collared Dove <i>Streptopelia decaocto</i> (Friv., 1838)	49			
Ушастая сова / Long-eared Owl <i>Asio otus</i> (L., 1758)	10		2	
Домовый сыч / Little Owl <i>Athene noctua</i> (Scop., 1769)	11			
Сойка / Jay <i>Garrulus glandarius</i> (L., 1758)			3	
Сорока / Magpie <i>Pica pica</i> (L., 1758)			5	
Млекопитающие Mammals				
Лисица обыкновенная / Common fox <i>Vulpes vulpes</i> (L., 1758)	28			
Заяц-русак / European rabbit <i>Lepus europaeus</i> (Pall., 1778)	789	104	5	

Примечание. * – виды, занесенные в Красные книги России и субъектов РФ.

Note. * – species listed in the Red Books of Russia and subjects of the Russian Federation.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Список случаев массовой гибели животных, вызванной применением родентицидов на юге России в 2021–2023 гг., довольно обширен (табл. 1). Помимо зерноядных видов млекопитающих и птиц в списке погибших от применения родентицидов животных числятся хищные птицы и звери. Всего на юге России за период 2020–2023 гг. зарегистрирована гибель 25 видов птиц и 2 видов млекопитающих. Среди них отмечены редкие виды, например дрофа *Otis tarda*, филин *Bubo bubo*, черноголовый хохотун *Larus ichthyaetus* и др. [10; 11]. В ряде случаев воздействие родентицидов было подтверждено экспериментальными либо ветеринарно-анатомическими исследованиями. Зарегистрирована гибель животных также и от фосфида цинка, который относится к вредным веществам первого класса опасности. Это токсичное соединение разрешено применять только в медицинских, санитарных либо бытовых целях.

В ходе анализа содержания антикоагулянтов в печени разных животных (табл. 2) было установлено, что многие группы животных не являются мишенями воздействия родентицидов, и список их довольно велик [2; 3].

Пути движения токсичных веществ по пищевым цепям разветвленные и сложные. На рисунке 1 отражена схема гипотетических путей движения антикоагулянтов по пищевым цепям в экосистемах юга России. Часть показанных взаимодействий уже подтверждена, другая требует детального изучения. Следы антикоагулянтов находят не только в наземных, но и в водных экосистемах [12; 13]. Место человека в данной экологической последовательности не вызывает сомнения.

Возникает вопрос: использование родентицидов и массовая гибель животных – сопряженные, детерминированные явления? Человек не может контролировать, где и когда погибнет отравленный зверек-вредитель, будет он, а следовательно, и от-

Таблица 2. Категории животных, устойчивых к воздействию родентицидов (количество видов)
Table 2. Categories of animals resistant to rodenticides (number of species)

Группа животных Group of animals	США USA	Канада Canada	Великобритания Great Britain	Франция France	Испания Spain	Дания Denmark	Норвегия Norway	Новая Зеландия New Zealand	Всего видов Total species
Хищные птицы Predatory birds	13	4	7	4	18	11	2	2	34
Другие виды птиц Other bird species	9	1	–	2	9	–	–	16	34
Хищные млекопитающие Predatory mammals	5	–	3	4	8	2	–	–	15
Парнокопытные Artiodactyls	1	–	–	–	–	–	–	2	3
Ежиные Hedgehogs	–	–	1	–	2	–	–	–	2
Грызуны Rodents	2	–	–	–	–	–	–	–	2
Зайцеобразные Lagomorpha	–	–	–	–	1	–	–	–	1
Рукокрылые Chiroptera	–	–	–	–	–	–	–	1	1
Сумчатые Marsupials	1	–	–	–	–	–	–	–	1
Пресмыкающиеся Reptiles	–	–	–	–	1	–	–	–	1
Всего Total	31	5	11	10	39	13	2	21	94

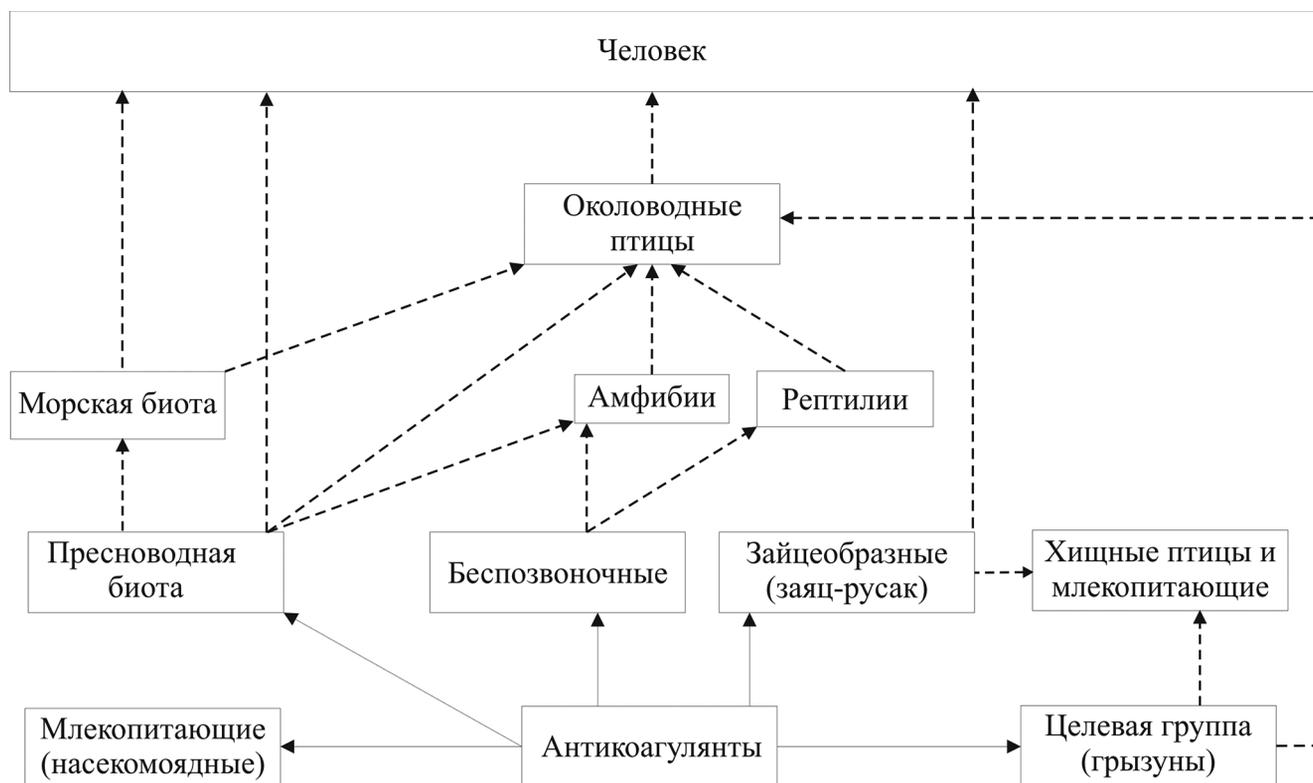


Рис. 1. Пути миграции родентицидов-антикоагулянтов в пищевых цепях (по [3] с дополнением), где сплошной линией показано прямое воздействие антикоагулянтов, пунктирной – косвенное.

Fig. 1. Migration paths of anticoagulant rodenticides in food chains (by [3] with addition), where the solid line indicates the direct effect of anticoagulants, the dotted line the indirect effect of anticoagulants.

равляющий агент, вовлечен в дальнейший пищевой цикл или нет. С большой долей вероятности здесь может быть дан положительный ответ, об этом говорит обнаружение антикоагулянтов у большой группы хищников, птиц и млекопитающих [14–16]. В то же время вовлеченность токсичных веществ в природные циклы может быть существенно снижена при соблюдении технических правил и норм применения родентицидов, прежде всего СанПиН 1.2.2584-10 «Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов» [17], в которых указывается, что отравляющие приманки не могут применяться в период весеннего перелета птиц. Обработка полей должна выполняться специализированными бригадами (отрядами), прошедшими специальную профессиональную подготовку по технологии производства, применению агрохимикатов и мерам безопасности. Внесение родентицидов необходимо осуществлять с помощью аппликаторов, раскладывая приманку в норы, укрытия, трубки, приманочные ящики с соблюдением ого-

воренных норм расхода. Однако во время работы в полевых условиях нам неоднократно приходилось наблюдать последствия обработки полей от грызунов путем простого рассыпания обработанной антикоагулянтами пшеницы. В этом случае прямой доступ к отравленному зерну получали все зерноядные животные: беспозвоночные, птицы, млекопитающие.

Сельхозпроизводители не всегда верно оценивают плотность населения мышевидных грызунов и связанный с этим экономический порог вредности, который на многолетних травах составляет 100 жилых нор на гектар, на озимых зерновых колосовых культурах осенью и зимой 30, а весной – 50 жилых нор на гектар, а ведь именно с превышением этих показателей оправдано применение родентицидов.

Отдельная проблема – отсутствие нормативной базы, направленной на определение содержания и концентрации антикоагулянтов в организмах животных, что затрудняет контроль влияния родентицидов на живые компоненты агроэкосистемы. Действующий ГОСТ [18] только лишь устанавливает

методы определения внешнего вида, плотности, массы, а также содержания действующего вещества в родентицидных средствах.

Таким образом, проблема контроля применения в агроэкосистемах родентицидов и связанной с ними массовой гибели диких животных остается актуальной и открытой. Отсутствие необходимой нормативной базы, должного контроля за применением родентицидов приводит к катастрофическому снижению уровня биологического разнообразия экосистем юга России. Необходимы разработка целевых программ, направленных на изучение влия-

ния применения антикоагулянтов на биоту и здоровье человека, внедрение новых средств, методов использования родентицидов, ориентированных на снижение вреда окружающей среде, контроль у грызунов появления и распространенности мутаций, связанных с резистентностью к родентицидам [19–21].

Работа выполнена в рамках темы НИР ГЗ ЮНЦ РАН «Роль природных и антропогенных факторов в формировании и динамике равнинных биоценозов юга России», № госрегистрации 122020100332-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2023. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. URL: <https://mcx.gov.ru/> (дата обращения: 27.10.2023).
2. Eason Ch.T., Murphy E.C., Wright G.R.G., Spurr E.B. 2002. Assessment of risks of brodifacoum to non-target birds and mammals in New Zealand. *Ecotoxicology*. 11(1): 35–48. doi: 10.1023/A:1013793029831
3. Nakayama S.M.M., Morita A., Ikenaka Y., Mizukawa H., Ishizuka M. 2018. A review: poisoning by anticoagulant rodenticides in non-target animals globally. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 81(2): 298–313. doi: 10.1292/jvms.17-0717
4. Ravindran S., Noor H.M., Salim H. 2022. Anticoagulant rodenticide use in oil palm plantations in Southeast Asia and hazard assessment to non-target animals. *Ecotoxicology*. 31(6): 976–997. doi: 10.1007/s10646-022-02559-x
5. Шубкина А.В. 2021. Одна из причин массовой гибели охотничьей фауны. *Охота и охотничье хозяйство*. 12: 12–15.
6. Ерофеева Е.В., Суркова Ю.Е., Шубкина А.В. 2021. Родентициды и гибель диких животных. *Успехи современной биологии*. 141(5): 496–507. doi: 10.31857/S0042132421050021
7. Кудактин А.Н. 2023. Кто ответит за экоцид на юге России? *Охота и охотничье хозяйство*. 2: 3–7.
8. Савицкий Р.М. 2002. Авифауна Островного участка заповедника «Ростовский». *Кавказский орнитологический вестник*. 14: 80–85.
9. Савицкий Р.М. 2018. Современное состояние популяций птиц долины озера Маньч-Гудило и прилегающих территорий. В кн.: *Труды Южного научного центра Российской академии наук. Том VII: Природные и антропогенные факторы в трансформации экосистемы Западного Маньча*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 192–227.
10. Маловичко Л.В. 2023. Массовая гибель серых журавлей в Центральном Предкавказье в 2022/2023 гг. В кн.: *Журавли Палеарктики: биология, охрана. Программа и тезисы докладов V Международной научной конференции (5–8 октября 2023 г., с. Дивное, Ставропольский край, Россия)*. М., Рабочая группа по журавлям Евразии: 20.
11. Шевцов А.С., Ильяхов М.П. 2023. Крах популяций орлана-белохвоста *Haliaeetus albicilla* и могильника *Aquila heliaca* в восточной части Ставропольского края. *Русский орнитологический журнал*. 32(2327): 3306–3313.
12. Masuda B.M., Fisher P., Beaven B. 2015. Residue profiles of brodifacoum in coastal marine species following an island rodent eradication. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 113: 1–8. doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.11.013
13. Caliani I., Di Noi A., Amico C., Berni R., Romi M., Cai G., Guarnieri M., Navone A., Spano G., Howald G.R., Sposimo P., Marsili L. 2023. Brodifacoum levels and biomarkers in coastal fish species following a rodent eradication in an Italian marine protected area: preliminary results. *Life*. 13(2): 415. doi: 10.3390/life13020415
14. Ruiz-Suárez N., Henríquez-Hernández L.A., Valerón P.F., Boada L.D., Zumbado M., Camacho M., Almeida-González M., Luzardo O.P. 2014. Assessment of anticoagulant rodenticide exposure in six raptor species from the Canary Islands (Spain). *Science of the Total Environment*. 485–486: 371–376. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.03.094
15. Geduhn A., Esther A., Schenke D., Gabriel D., Jacob J. 2016. Prey composition modulates exposure risk to anticoagulant rodenticides in a sentinel predator, the barn owl. *Science of the Total Environment*. 544: 150–157. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.117
16. Sainsbury K.A., Shore R.F., Schofield H., Croose E., Pereira M.G., Sleep D., Kitchener A.C., Hantke G., McDonald R.A. 2018. Long-term increase in secondary exposure to anticoagulant rodenticides in European polecats *Mustela putorius* in Great Britain. *Environmental Pollution*. 236: 689–698. doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.004
17. СанПиН 1.2.2584-10. Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов. 2010. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора: 71 с.
18. ГОСТ Р 58481-2019. Средства родентицидные. Методы определения физико-химических показателей. 2019. М., Стандартинформ: 12 с.
19. Бабич Н.В., Яковлев А.А. 2022. Грызуны – вредители сельскохозяйственных культур, перспективы защиты. *Защита и карантин растений*. 2: 6–9. doi: 10.47528/1026-8634_2022_2_6

20. Яковлев А.А., Бабич Н.В. 2022. Снижение рисков для нецелевых теплокровных животных при родентицидных обработках по защите растений незащищенного грунта. В кн.: *Организмы, популяции и сообщества в трансформирующейся среде: сборник материалов XVII Международной научной экологической конференции (Белгород, 22–24 ноября 2022 г.)*. Белгород, издательский дом «БелГУ»: 250–251.
21. Яковлев А.А. 2023. Методические рекомендации по контролю за резистентностью обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pall) к антикоагулянтным родентицидам. *Агрехимия*. 1: 66–72. doi: 10.31857/S0002188123010118

REFERENCES

1. [State catalogue of pesticides and agrochemicals approved for application on the territory of the Russian Federation]. 2023. *Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii*. Available at: <https://www.mcx.gov.ru/> (accessed 27 October 2023). (In Russian).
2. Eason Ch.T., Murphy E.C., Wright G.R.G., Spurr E.B. 2002. Assessment of risks of brodifacoum to non-target birds and mammals in New Zealand. *Ecotoxicology*. 11(1): 35–48. doi: 10.1023/A:1013793029831
3. Nakayama S.M.M., Morita A., Ikenaka Y., Mizukawa H., Ishizuka M. 2018. A review: poisoning by anticoagulant rodenticides in non-target animals globally. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 81(2): 298–313. doi: 10.1292/jvms.17-0717
4. Ravindran S., Noor H.M., Salim H. 2022. Anticoagulant rodenticide use in oil palm plantations in Southeast Asia and hazard assessment to non-target animals. *Ecotoxicology*. 31(6): 976–997. doi: 10.1007/s10646-022-02559-x
5. Shubkina A.V. 2021. [One of the reasons for the mass death of hunting fauna]. *Okhota i okhotnich'e khozyaystvo*. 12: 12–15. (In Russian).
6. Erofeeva E.V. Surkova Ju.E., Shubkina A.V. 2021. [Rodenticides and wildlife deletion]. *Uspekhi sovremennoy biologii*. 141(5): 496–507. (In Russian). doi: 10.31857/S0042132421050021
7. Kudaktin A.N. 2023. [Who will be responsible for the ecocide in Southern Russia?]. *Okhota i okhotnich'e khozyaystvo*. 2: 3–7. (In Russian).
8. Savitsky R.M. 2002. [Avifauna of the Ostrovnoy section of the Rostovsky Nature Reserve]. *Kavkazskiy ornitologicheskii vestnik*. 14: 80–85. (In Russian).
9. Savitsky R.M. 2018. [Current status of birds' populations in the valley of Lake Manych-Gudilo and adjacent areas]. In: *Trudy Yuzhnogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Tom VII: Prirodnye i antropogennye faktory v transformatsii ekosistemy Zapadnogo Manycha*. [Studies of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences. Issue VII: Natural and anthropogenic factors in the transformation of ecosystem of the Western Manych]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 192–227. (In Russian).
10. Malovichko L.V. 2023. [Mass mortality of Eurasian Cranes in the Central Ciscaucasia in 2022/2023]. In: *Zhuravli Palearktiki: biologiya, okhrana. Programma i tezisy dokladov V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [Cranes of Palearctic: biology, conservation. Agenda and abstracts of reports of the V International scientific conference (5–8 October 2023, Divnoye, Stavropolsky Territory, Russia)]*. Moscow, Crane Working Group of Eurasia: 20. (In Russian).
11. Shevtsov A.S., Ilyukh M.P. [The collapse of the populations of the white-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* and the imperial eagle *Aquila heliaca* in the eastern part of Stavropol Krai]. *Russkiy ornitologicheskii zhurnal*. 32(2327): 3306–3313. (In Russian).
12. Masuda B.M., Fisher P., Beaven B. 2015. Residue profiles of brodifacoum in coastal marine species following an island rodent eradication. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 113: 1–8. doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.11.013
13. Caliani I., Di Noi A., Amico C., Berni R., Romi M., Cai G., Guarnieri M., Navone A., Spano G., Howald G.R., Sposimo P., Marsili L. 2023. Brodifacoum levels and biomarkers in coastal fish species following a rodent eradication in an Italian marine protected area: preliminary results. *Life*. 13(2): 415. doi: 10.3390/life13020415
14. Ruiz-Suárez N., Henríquez-Hernández L.A., Valerón P.F., Boada L.D., Zumbado M., Camacho M., Almeida-González M., Luzardo O.P. 2014. Assessment of anticoagulant rodenticide exposure in six raptor species from the Canary Islands (Spain). *Science of the Total Environment*. 485–486: 371–376. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.03.094
15. Geduhn A., Esther A., Schenke D., Gabriel D., Jacob J. 2016. Prey composition modulates exposure risk to anticoagulant rodenticides in a sentinel predator, the barn owl. *Science of the Total Environment*. 544: 150–157. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.117
16. Sainsbury K.A., Shore R.F., Schofield H., Croose E., Pereira M.G., Sleep D., Kitchener A.C., Hantke G., McDonald R.A. 2018. Long-term increase in secondary exposure to anticoagulant rodenticides in European polecats *Mustela putorius* in Great Britain. *Environmental Pollution*. 236: 689–698. doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.004
17. SanPiN 1.2.2584-10. *Gigienicheskie trebovaniya k bezopasnosti protsessov ispytaniy, khraneniya, perevozki, realizatsii, primeneniya, obezvrezhivaniya i utilizatsii pestitsidov i agrokhimikatov*. [SanPiN 1.2.2584-10. Hygienic requirements for the safety of the processes of testing, storage, transportation, sale, use, neutralization, and disposal of pesticides and agrochemicals: Sanitary rules and regulations]. 2010. Moscow, Federal Centre for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor: 71 p. (In Russian).
18. GOST R 58481-2019. *Sredstva rodentitsidnye. Metody opredeleniya fiziko-khimicheskikh pokazateley*. [State Standard 58481-2019. Rodenticide products. Methods for determination of physical and chemical parameters]. 2019. Moscow, Standartinform: 12 p. (In Russian).
19. Babich N.V., Yakovlev A.A. 2022. [Rodents as pests of agricultural crops, prospects for protection]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2: 6–9. (In Russian). doi: 10.47528/1026-8634_2022_2_6
20. Yakovlev A.A., Babich N.V. 2022. [Reducing risks to non-target warm-blooded animals during rodenticide treatments to protect plants on unprotected soil]. In: *Organizmy, populyatsii i soobshchestva v transformiruyushcheyseya srede: sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii*. [Organisms, populations and

- communities in a transforming environment: materials of the XVII International scientific ecological conference (Belgorod, Russia, 22–24 November 2022)*. Belgorod, Publishing House “BelGU”: 250–251. (In Russian).
21. Yakovlev A.A. 2023. [Guidelines for the control of resistance of the Common Vole (*Microtus arvalis* Pall.) to anticoagulant rodenticides]. *Agrokhiimiya*. 1: 66–72. (In Russian). doi: 10.31857/S0002188123010118

Поступила 01.02.2024