

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ЭПИЗОТИЧЕСКОЙ ВСПЫШКИ, ВЫЗВАВШЕЙ МАССОВУЮ ГИБЕЛЬ ТУПИКОВ-НОСОРОГОВ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ИЮЛЬ 2021 г.)

Дунаева М.Н.^{1, 2, 3},
Панкратов Д.В.²,
Суровый А.Л.⁴,
Цыганков В.Ю.³,
Беланов М.А.³,
Фоменко П.В.⁵,
Щелканов М.Ю.^{1, 2, 3, 6}

¹ ФГБУН «Федеральный научный центр биологического разнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН (690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостоку, 159/1, Россия)

² ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора (690087, г. Владивосток, ул. Сельская, 1, Россия)

³ ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» (690922, г. Владивосток, остров Русский, п. Аякс, 10, Россия)

⁴ Управление по охране объектов животного мира и особо охраняемых природных территорий, Правительство Приморского края (690090, г. Владивосток, ул. Алеутская, 45, Россия)

⁵ Амурский филиал Всемирного фонда дикой природы (690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 18А, Россия)

⁶ ФГБУН «Национальный научный Центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО РАН (690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Дунаева Мария Николаевна,
e-mail: mariadunaeva29@yandex.ru

Статья получена: 15.03.2022

Статья принята: 16.05.2022

Статья опубликована: 05.07.2022

РЕЗЮМЕ

Введение. В июле 2021 г. на побережье Японского моря в Хасанском районе Приморского края произошёл массовый падеж морских птиц неясной этиологии. По данным управления по охране объектов животного мира и особо охраняемых природных территорий Приморского края, на побережье было обнаружено свыше тысячи погибших птиц. Основной падеж пришёлся на популяцию птиц Тупик-носорог сем. Чистиковые (*Cerorhinca monocerata*, *Alcidae*), также среди погибших птиц были найдены несколько десятков чаек (*Larus spp.*) и крачек (*Sterna spp.*), единичные особи других видов. Пик смертности в популяциях птиц пришёлся на даты 13–17.07.2021. Указанная территория является рекреационной зоной, в летние месяцы здесь отдыхает большое количество людей. Сложившаяся ситуация вызвала повышенное внимание всего научного сообщества, а также организаций, осуществляющих охрану здоровья граждан и окружающей среды.

Цель исследования: установить возможную этиологию эпизоотической вспышки и охарактеризовать причину гибели птиц.

Материалы и методы. Применялось комплексное обследование с использованием классических методов вирусологии, микробиологии и токсикологии, а также самых современных методов исследований, таких как MALDI TOF-масс-спектрометрия и NGS.

Заключение. В результате проведённых исследований было определено, что причиной гибели птиц явился инфекционный перитонит с синдромом эндогенной интоксикации, вызванный комплексом патогенных микроорганизмов, таких как энтеропатогенная *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Proteus penneri*, *Enterococcus faecalis* и *Wickerhamomyces anomalus*, родственной *Candida pelliculosa*.

Ключевые слова: болезни птиц, *Cerorhinca monocerata*, эпизоотия, *Escherichia coli*, энтеробактериальные инфекционные заболевания, коинфекция, бактериальные инфекции, хлорорганические соединения, циркувирус гусей (*GoCV*), дикая природа, Японское море, Приморский край

Для цитирования: Дунаева М.Н., Панкратов Д.В., Суровый А.Л., Цыганков В.Ю., Беланов М.А., Фоменко П.В., Щелканов М.Ю. Выявление причин эпизоотической вспышки, вызвавшей массовую гибель тупиков-носорогов на побережье Японского моря в южной части Приморского края (июль 2021 г.). *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(3): 90-97. doi: 10.29413/ABS.2022-7.3.10

RECONSTRUCTION OF EPIZOOTIC OUTBREAK PROVOKED THE LARGE-SCALE DEATH OF RHINOCEROS AUKLET ON THE COAST OF THE JAPAN SEA IN THE SOUTHERN PART OF PRIMORSKY KRAI (JULY, 2021)

Dunaeva M.N.^{1,2,3},
Pankratov D.V.²,
Surovyi A.L.⁴,
Tsygankov V.Yu.³,
Belanov M.A.³,
Fomenko P.V.⁵,
Shchelkanov M.Yu.^{1,2,3,6}

¹ Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences (Stoletiya Vladivostoku ave. 159/1, Vladivostok 690022, Russian Federation)

² Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after G.P. Somov of Rospotrebnadzor (Selskaya str. 1, Vladivostok 690087, Russian Federation)

³ Far Eastern Federal University (Ajaks settlement 10, Russky island, Vladivostok 690922, Russian Federation)

⁴ Department for Protection of Wildlife and Specially Protected Natural Territories, Government of Primorsky Krai (Aleutskaya str. 45A, Vladivostok 690090, Russian Federation)

⁵ Amur Branch of the World Wildlife Fund (Verkhneportovaya str. 18A, Vladivostok 690003, Russian Federation)

⁶ A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences (Palchevskogo str. 17, Vladivostok 690041, Russian Federation)

Corresponding author:

Maria N. Dunaeva,

e-mail: mariadunaeva29@yandex.ru

Received: 15.03.2022

Accepted: 16.05.2022

Published: 05.07.2022

ABSTRACT

Introduction. In July 2021, a mass mortality of seabirds of unclear etiology occurred on the coast of the Sea of Japan in the Khasansky district of Primorsky Krai. According to the Department for Protection of Wildlife and Specially Protected Natural Territories of Primorsky Krai, over a thousand dead birds were found on the coast. The main case occurred in the population of birds Rhinoceros auklets (*Cerorhinca monocerata*, Alcidae), also among the dead birds were found several dozens of gulls (*Larus spp.*) and terns (*Sterna spp.*), single individuals of other species. The peak of mortality in bird populations occurred on July 13–17, 2021. This territory is a recreational area, in the summer months a large number of people rest there. The current situation has caused increased attention of the entire scientific community, as well as organizations that protect the citizens health and the environment.

The aim. To establish possible etiology of the epizootic outbreak and describe the cause of birds' death.

Materials and methods. Comprehensive examination using classical methods of virology, microbiology and toxicology, as well as the most modern research methods such as MALDI TOF-mass spectrometry and NGS.

Conclusion. As a result of the studies, it was determined that the cause of birds' death was infectious peritonitis with endogenous intoxication syndrome induced by a complex of pathogenic microorganisms, such as enteropathogenic *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Proteus penneryi*, *Enterococcus faecalis* and *Wickerhamomyces anomalus*, related to *Candida pelliculosa*.

Key words: avian diseases, *Cerorhinca monocerata*, epizootic, *Escherichia coli*, *Enterobacteriaceae* infectious diseases, coinfection, bacterial infections, organochlorine compounds, goose circovirus (GoCV), wildlife, Sea of Japan, Primorsky Krai

For citation: Dunaeva M.N., Pankratov D.V., Surovyi A.L., Tsygankov V.Yu., Belanov M.A., Fomenko P.V., Shchelkanov M.Yu. Reconstruction of epizootic outbreak provoked the large-scale death of Rhinoceros auklet on the coast of the Japan Sea in the Southern part of Primorsky Krai (July, 2021). *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(3): 90-97. doi: 10.29413/ABS.2022-7.3.10

ВВЕДЕНИЕ

Детерминанты здоровья для каждого биологического уровня организации определяются безопасностью окружающей среды, в которой они обитают. Среда обитания едина для сообщества людей, флоры и фауны. Изменения, которые в ней происходят, влияют на многие уровни организации живых систем и не могут быть разграничены. Биологические системы функционируют согласно концепции «Единого или общего для всех здоровья», то есть не изолированно, а в прямой зависимости, создавая общие условия обитания друг для друга, что обуславливает целостность и сбалансированность биогеоценозов. Любые отклонения от сложившихся годами и десятилетиями характеристик окружающей среды приводят к внезапным нарушениям в функционировании таких сбалансированных систем, подобные изменения чаще всего служат причиной гибели разных уровней организаций в сформировавшейся системе. Согласно концепции «Единого здоровья» птицы и животные в дикой природе могут служить системами раннего предупреждения потенциальных заболеваний человека [1–10].

Причины и следствия нарушений экологического равновесия часто наблюдаются в дикой природе. В случаях, когда фактором таких изменений служит инфекционный патоген, рассматриваются всевозможные варианты происхождения инфекции, и проводятся меры по предотвращению её распространения.

13 июля 2021 г. на побережье Японского моря на юге Хасанского района Приморского края была зафиксирована массовая гибель тупиков-носорогов (*Cerorhinca monocerata*). По данным департамента лесного и охотничьего хозяйства Приморского края, в период 13–17.07.2021 было выявлено более тысячи погибших особей указанного вида, а также несколько десятков чаек (*Larus spp.*) и крачек (*Sterna spp.*).

Подобные эпизоотические вспышки представляют собой чрезвычайные ситуации экологического характера, которые могут быть следствием как антропогенных факторов, так и других экологических факторов, вызывающих изменения окружающей среды [1–3, 11–13]. Экстремальные погодные явления, такие как увеличение среднемесячных температур, изменение уровня осадков в эпизоотических очагах и примыкающих к ним территориях могут вызывать многочисленные преобразования биоценологических связей и модулировать популяционные взаимодействия патогенов и их хозяев [11–15]. Расшифровка эпизоотий является обязательным элементом исключения последствий подобных ситуаций и организации охранных мероприятий [4–6, 15, 16].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установить возможные этиологические агенты эпизоотии и причину гибели птиц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В лабораторию были доставлены с сохранением холодильной цепочки (4 °С) 31 тушка погибших тупиков-носорогов, у которых были отобраны клоакальные смывы и пулы внутренних органов (мозг, печень, селезёнка, сгусток крови), а также мышцы, перья и печень отдельности, проведено вскрытие кишечника и желудка на обнаружение гельминтных инвазий [17, 18].

Токсикологическое исследование грудных мышц, перьев и печени проводили с целью определения содержания стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ): хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) в биоматериале на газовом хромато-масс-спектрометре Shimadzu GC MS-QP 2010 Ultra (Япония). В исследованных образцах определяли: α -, β - и γ -гексахлорциклогексан (ГХЦГ), p,p' -дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ), o,p' -ДДТ, p,p' -ДДД, o,p' -ДДД, p,p' -дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЕ), o,p' -ДДЕ и конгенеры ПХБ-28, -52, -101, -118, -153, -138, -180 [19].

Клоакальные смывы исследовали на наличие вирусов методом инокуляции в 9-дневные куриные эмбрионы, пулы внутренних органов – методом NGS-секвенирования. Также было проведено ПЦР-исследование на высокопатогенные вирусы птиц, такие как грипп А, болезнь Ньюкасла, а также пастереллёз (наборы ВНИИЗЖ, Россия).

Бактериологическое исследование было проведено путём посевов собранного материала на дифференциально-диагностические среды: мясопептонный агар, кровяной агар, Эндо, Сабуро и Чапека [16, 20, 21]: выросшие в течение 24 ч колонии при температуре 37 °С были исследованы методом MALDI-TOF-масс-спектрометрии на анализаторе MALDI Biotyper (Bruker, Германия) [22]. Патогенетическое типирование *Escherichia coli* осуществляли с помощью ПЦР-тест-системы «АмплиСенс Эшерихиозы-FL» (ЦНИИЭ, Россия) [23–30].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными версиями столь массовой гибели птиц были токсическое отравление либо заражение патогенными микроорганизмами. Для целей выявления причин гибели собранный материал обследовали согласно этим версиям с использованием методов токсикологии, вирусологии и бактериологии.

В результате первичного осмотра погибших птиц вокруг анальных отверстий были обнаружены остатки жидких и кашицеобразных испражнений. Вскрытие показало, что кишечника птиц полностью опорожнены, остатков пищи не обнаружено. Гельминты не обнаружены. Кровь в крупных кровеносных сосудах по всей их длине была в виде плотных сгустков.

Токсикологическое исследование выявило стойкие органические загрязняющие вещества во всех исследованных образцах. Однако обнаруженные концентрации СОЗ (Σ ХОП + Σ ПХБ) в птицах не могли стать

причиной гибели: концентрации данных соединений были ниже или на уровне концентраций, обнаруженных во время ранее проведённых исследований в этом районе [19], что указывает на существование глобального фона CO₂ и циркуляцию поллютантов в морских экосистемах.

Первоначально во время вспышки при помощи метода ПЦР, где в качестве образцов служили клоакальные смывы, были исключены высокопатогенные вирусы птиц, такие как грипп А, болезнь Ньюкасла, а также исключён пастереллёз.

При вирусологическом исследовании на инокулированных куриных эмбрионах гемагглютинирующие агенты в хорион-аллантоисной жидкости выявлены не были. С помощью NGS в 10 (32,3 %) пробах обнаружен циркулярный вирус гусей (GoCV – Goose circovirus) (Circovirales: Circoviridae, *Circovirus*). Цирковирусы птиц вызывают снижение иммунитета, нарушение кожных покровов, оперения, клюва, когтей, и не описаны в качестве причины массовой гибели хозяев [1, 9]. Поэтому GoCV можно исключить из списка возможных этиологических факторов массового падежа тупиков-носорогов.

Микробиологический анализ с использованием методов MALDI-TOF показал наличие патогенной *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *P. penneri*, *P. mirabilis*, *Enterococcus faecalis*, *Wickerhamomyces anomalus* (*Candida pelliculosa*).

ПЦР-детекция является одним из важнейших доказательных методов обнаружения патогенов, которые мы использовали в своей работе для верификации обнаруженной инфекции. ПЦР-типирование выявило принадлежность *E. coli* к энтеропатогенному типу. Метод выделения чистых культур с дальнейшим пассажем на кровяной агар выявил способность выделенной *Escherichia coli* к гемолизу в 35 % случаев.

Энтеропатогенные *E. coli* – грамтрицательные палочковидные бактерии сем. *Enterobacteriaceae*, которые вызывают желудочно-кишечные инфекции с диарейным синдромом и сопутствующим токсическим поражением внутренних органов и способны привести к массовой гибели птиц. Основные пути заражения – алиментарный, аэрогенный, а также трансвариальный путь. В ослабленном организме *E. coli* размножается быстро, вызывая септические проявления при попадании в кровь и лимфу. Поражение кишечника происходит алиментарным путём. При остром течении колибактериозов в условиях сельскохозяйственных предприятий наблюдается высокая смертность птиц (10–30 %) [9, 20, 26–30]. Условия дикой природы в указанном случае являются осложняющими факторами и могут способствовать высокой смертности в силу сложности обеспечения необходимых требований для выздоровления.

Многими авторами показано, что колибактериозы часто являются вторичными инфекциями, способными приводить к смертельному исходу в случае возникновения причин, обусловивших снижение иммунитета. Такими причинами могут служить загрязнение воды и пищи химическими веществами, бактериальными или вирусными патогенами [1–4, 8–15, 19, 20, 26–31].

Взрослые животные и птицы способны самостоятельно восстанавливаться после заражения патогенными эшерихиями в том случае, когда они проиммунизированы, а также есть доступ к чистой воде и пище. Эшерихиозы или колибактериозы представляют серьёзную проблему для сельскохозяйственных птиц, хотя их роль в заболеваемости и смертности диких птиц изучена недостаточно.

P. vulgaris, *P. penneri*, *P. mirabilis* – грамтрицательные подвижные палочковидные бактерии сем. *Enterobacteriaceae*, являющиеся причиной гнойно-воспалительных заболеваний и пищевых токсикоинфекций и выделяющие эндотоксины с гемолитическими свойствами.

En. faecalis – грамположительные кокковидные бактерии в виде цепочек или отдельных скоплений сем. *Enterococcaceae*, их чаще относят к представителям нормальной бактериальной флоры кишечника, но они способны приводить к патологическим состояниям при увеличении их числа.

W. anomalus (*Candida pelliculosa*) – широко распространённый в дикой природе грибковый патоген, способный вызывать системные грибковые заболевания при явлениях иммуносупрессии.

Все выявленные возбудители имеют фекально-оральный механизм передачи, что предполагает заражение воды или пищи данными патогенными микроорганизмами [3, 9, 20, 26–30]. Микроорганизмы способны жить в смешанных микробных сообществах, устанавливая между собой межвидовые конкурентные или симбиотические отношения [32]. По-видимому, сочетание указанных видов патогенной и условно-патогенной флоры вызвали острое поражение желудочно-кишечного тракта птиц с последующей их гибелью. Выявленные специфические микробные комплексы наблюдались у всех павших птиц. Наиболее вероятным фактором инфекционного заражения является употребление заражённой пищи. Результатом подобных выводов помимо лабораторных исследований служат факты присутствия следов диареи и рвотных масс на теле погибших птиц, полное опорожнение и обсеменение желудочно-кишечного тракта птиц патогенными микроорганизмами, а также длительность вспышки эпизоотии (порядка двух недель).

В указанный период времени, а также в течение всего летнего периода, на исследуемой территории более не наблюдалось вынесенных морем погибших животных и птиц. Территория акватории Японского моря Приморского края является зоной постоянного экологического контроля: надзор содержания токсических веществ и патогенных микроорганизмов в морской воде, а также в организмах морской флоры и фауны ведётся регулярно. Предполагаемая изначально причина отравления токсическими веществами была отклонена по причинам отсутствия повышения концентраций контролируемых CO₂, а также отсутствия признаков отравления других водных животных на наблюдаемой территории.

Необходимо отметить, что летний период 2021 г. отличался повышенными температурами на всей территории края, пик которых пришёлся на середину июля 2021 г., когда произошёл случай массовой гибели птиц.

Вероятно, повышение температуры вызвало размножение патогенных бактерий в ареале обитания.

Escherichia coli является серьёзной угрозой как для здоровья животных, так и здоровья людей. Бактерия поражает птиц всех видов, имеет важное инфекционное значение в птицеводстве. Данный патоген обладает высокой способностью проникать во внутренние органы, ослабленный организм является более подверженным развитию данной инфекции. Инкубационный период эшерихиозных инфекций составляет от 1 до 5 дней, что соответствует началу и окончанию периода вспышки данного заболевания в указанном очаге. В инфекционном процессе у больных эшерихиозом птиц часто наблюдается присоединение оппортунистических инфекций, таких как *Proteus*, *Enterococcus*, *Candida*, что мы наблюдали в образцах каждой погибшей птицы. Характер поражения внутренних органов соответствует картине бактериального инфекционного заболевания с признаками генерализации процесса и симптомами септического шока, что определило выбор методического подхода для установки и подтверждения диагноза.

В рамках наших исследований проводятся дальнейшие изучения возбудителей данной эпизоотической вспышки диких птиц на указанной территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что причиной гибели птиц явился инфекционный перитонит с синдромом эндогенной интоксикации и полиорганной недостаточностью, вызванный комплексом патогенных микроорганизмов: энтеропатогенными вариантами *E. coli*, *P. vulgaris*, *P. mirabilis*, *P. pennery*, *En. faecalis* и *W. anomalus* (*Candida pelliculosa*).

Данное исследование является одним из элементов планового комплексного эколого-микробиологического мониторинга, осуществляемого НИИЭМ Г.П. Сомова Роспотребнадзора (г. Владивосток), сочетающего классические вирусологические, бактериологические, паразитологические и токсикологические методы, а также современные молекулярно-генетические технологии.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львов Д.К. (ред.). *Руководство по вирусологии. Вирусы и вирусные инфекции человека и животных*. М.: МИА; 2013.
2. Львов Д.К. (ред.). *Медицинская вирусология*. М.: МИА; 2008.
3. Андрюков Б.Г., Беседнова Н.Н., Калинин А.В., Запорожец Т.С., Котельников В.Н., Крыжановский С.П., и др. *Биологическая и химическая безопасность*. Владивосток: Дальнаука; 2019.
4. Щелканов М.Ю., Галкина И.В., Ананьев В.Ю., Самарский С.С., Лиенхо В.Ю., Дедков В.Г., и др. Экологическая обстановка на о. Тюлений в акватории Охотского моря (2015 г.):

популяционные взаимодействия между ластоногими, птицами, иксодовыми клещами и вирусами. *Юг России: экология, развитие*. 2017; 12(1): 30-43. doi: 10.18470/1992-1098-2017-1-30-43

5. Львов Д.К., Прилипов А.Г., Щелканов М.Ю., Дерябин П.Г., Шилов А.А., Гребенникова Т.В., и др. Молекулярно-генетический анализ биологических свойств высокопатогенных штаммов вируса гриппа А / H5N1, изолированных от диких и домашних птиц в период эпизоотии в Западной Сибири (июль 2005 г.). *Вопросы вирусологии*. 2006; 51(2): 15-19.

6. Львов Д.К., Щелканов М.Ю., Прилипов А.Г., Дерябин П.Г., Федякина И.Т., Галкина И.В., и др. Расшифровка эпизоотической вспышки среди диких и домашних птиц на юге европейской части России в декабре 2007 г. *Вопросы вирусологии*. 2008; 53(4): 18-23.

7. Львов Д.К., Щелканов М.Ю., Дерябин П.Г., Федякина И.Т., Бурцева Е.И., Прилипов А.Г., и др. Изоляция высокопатогенных (HPAI) штаммов вируса гриппа А/H5N1 от диких птиц в очаге эпизоотии на озере Убсу-Нур (июнь 2006 г.) и их депонирование в Государственную Коллекцию вирусов РФ (03 июля 2006 г.). *Вопросы вирусологии*. 2006; 51(6): 14-18.

8. Kelly TR, Machalaba C, Karesh WB, Crook PZ, Gilardi K, Nziza J, et al. Implementing One Health approaches to confront emerging and re-emerging zoonotic disease threats: Lessons from predict. *One Health Outlook*. 2020; 2: 1. doi: 10.1186/s42522-019-0007-9

9. Кузьмин В.А., Святковский А.В. (ред.). *Эпизоотология с микробиологией*. СПб.: Лань; 2019.

10. Lvov DK, Shchelkanov MYu, Alkhovsky SV, Deryabin PG. *Zoonotic viruses of Northern Eurasia. Taxonomy and Ecology*. Academic Press; 2015.

11. Львов Д.К., Щелканов М.Ю., Громашевский В.Л. Влияние климатических факторов на циркуляцию природноочаговых вирусных инфекций в Северной Евразии. *Изменение климата и здоровье населения России в XXI веке: Сборник трудов международного семинара (Москва, 5–6 апреля 2004 г.)*. М.: АдамантЪ; 2004: 84-105.

12. Щелканов М.Ю., Громашевский В.Л., Львов Д.К. Роль эколого-вирусологического районирования в прогнозировании влияния климатических изменений на ареалы арбовирусов. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2006; 2: 22-24.

13. Щелканов М.Ю., Усачев Е.В., Федякина И.Т., Киреев Д.Е., Ананьев В.Ю., Санков М.Н., и др. Вирус болезни Ньюкасла в популяциях диких птиц на территории юга Приморского края в период осенних миграций 2001-2004 гг. *Вопросы вирусологии*. 2006; 51(4): 37-41.

14. Разумова Ю.В., Щелканов М.Ю., Дурыманова А.А., Золотых С.И., Терновой В.А., Славский А.А., и др. Молекулярно-генетическое разнообразие вируса гриппа А в популяциях диких птиц на юге Западной Сибири. *Вопросы вирусологии*. 2005; 50(4): 31-35.

15. Кононова Ю.В., Терновой В.А., Щелканов М.Ю., Протопопова Е.В., Золотых С.И., Юрлов А.К., и др. Генотипирование вируса Западного Нила в популяциях диких птиц наземного и древесно-кустарникового комплексов на территориях Барабинской лесостепи и Кулундинской степи (2003–2004 гг.). *Вопросы вирусологии*. 2006; 51(4): 19-23.

16. Дунаева М.Н., Панкратов Д.В., Раков А.В., Суrowsый А.Л., Щелканов М.Ю. Сочетание вирусологических и бактериологи-

ческих методов в процессе мониторинга патогенных микроорганизмов в популяциях мигрирующих птиц. *Актуальные вопросы обеспечения эпидемиологического благополучия в трансграничных природных очагах чумы и других опасных инфекционных болезней: Материалы XV Межгосударственной научно-практической конференции (Иркутск, 5–6 октября 2021 г.)*. Иркутск; 2021: 97–99.

17. Боряева Ю.А., Родин В.Н. *Вскрытие и патологоанатомическая диагностика болезней животных и птиц*. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та; 2020.

18. *Методические указания по патоморфологической диагностике болезней животных, птиц и рыб в ветеринарных лабораториях N 13-7-2/2137. Приказ департамента ветеринарии Минсельхозпрода России от 11.09.2000*. М.: Минсельхозпрод РФ; 2000.

19. Tsygankov VYu, Lukyanova ON, Boyarova MD. Organochlorine pesticide accumulation in seabirds and marine mammals from the Northwest Pacific. *Mar Pollut Bull.* 2018; 128: 208–213. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.01.027

20. Новикова О.Б., Павлова М.А. Микрофлора, выделяемая в птицеводствах различного технологического направления и контроль бактериальных болезней птиц. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2018; 3: 34–36.

21. Покровский В.И., Творогова М.Г., Шипулин Г.А. (ред.). *Лабораторная диагностика инфекционных болезней. Справочник*. М.: БИНОМ; 2013.

22. Попов Д.А., Овсенко С.Т., Вострикова Т.Ю. Применение метода MALDI-TOF MS в современной микробиологической лаборатории. *Поликлиника*. 2016; 8: 53–56.

23. Карцев Н.Н., Ершова М.Г., Пинчук А.С., Леонова Е.С., Абросимова Г.Н., Фурсова Н.К., и др. Выделение диареогенных эшерихий от детей в возрасте до 5 лет. *Инфекция и иммунитет*. 2016; 6(3): 38.

24. Соколова Е.Д., Галтаева А.М., Замурий О.Ю., Дидиченко О.В., Соколова Ю.В., Муратова В.А., и др. Полимеразная цепная реакция в диагностике острых кишечных инфекций в детском инфекционном стационаре: возможности и проблемы. *Инфекция и иммунитет*. 2016; 6(3): 225–231.

25. Коновалова Т.А., Бондарева А.В., Подколзин А.Т., Костенко Е.М., Хорошилова Т.В., Юдицкая Н.М. Результаты применения методов амплификации нуклеиновых кислот для выявления диарогенных *E. coli*. *Молекулярная диагностика – 2010: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. М.; 2010; 2: 348–350.

26. Курятова Е.В., Герасимова М.В., Тюкавкина О.Н., Гаврилов Ю.А., Гаврилова Г.А. Этиология возникновения гастроэнтеритов молодняка сельскохозяйственных животных в условиях Амурской области. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2018; 1(45): 60–66. doi: 10.24411/1999-6837-2018-11010

27. Счисленко С.А., Ковальчук Н.М. Этиологическая структура возбудителей острых кишечных инфекций (ОКИ) птиц в птицеводческих хозяйствах Красноярского края. *Вестник КрасГАУ*. 2010; 8(47): 94–97.

28. Hu J, Torres AG. Enteropathogenic *Escherichia coli*: Foe or innocent bystander? *Clin Microbiol Infect.* 2015; 21(8): 729–734. doi: 10.1016/j.cmi.2015.01.015

29. Dho-Moulin M, Fairbrother JM. Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC). *Vet Res.* 1999; 30(2–3): 299–316.

30. Kathayat D, Lokesh D, Ranjit S, Rajashekara G. Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC): An overview of virulence and pathogenesis factors, zoonotic potential, and control strategies. *Pathogens.* 2021; 10(4): 467. doi: 10.3390/pathogens10040467

31. Шилов Г.Ю., Смирнова Е.А. Анализ заболеваемости острыми кишечными инфекциями в Российской Федерации, США и странах Евросоюза. *Пищевая промышленность*. 2013; 10: 50–54.

32. Яковлев А.А., Раков А.В., Поздеева Е.С. Значение межвидовых и внутривидовых взаимодействий микроорганизмов как суборганизменного уровня в иерархии эпидемического процесса. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2020; 25(3): 118–128. doi: 10.17816/EID50013

REFERENCES

1. Lvov DK (ed.). *Virology guide. Viruses and viral infections of humans and animals*. Moscow: MIA Publishing House; 2013. (In Russ.).

2. Lvov DK (ed.). *Medical virology*. Moscow: MIA Publishing House; 2008. (In Russ.).

3. Andryukov BG, Besednova NN, Kalinin AV, Zaporozhets TS, Kotelnikov VN, Kryzhanovskiy SP, et al. *Biological and Chemical Safety*. Vladivostok: Dalnauka Publishing House; 2019. (In Russ.).

4. Shchelkanov MYu, Galkina IV, Ananiev VYu, Samarskiy SS, Lienkho VYu, Dedkov VG, et al. Ecological situation on the Tyuleniy Island in the Okhotsk Sea (2015): Population interactions between pinnipeds, birds, ixodid ticks and viruses. *South of Russia: Ecology, Development.* 2017; 12(1): 30–43. (In Russ.). doi: 10.18470/1992-1098-2017-1-30-43

5. Lvov DK, Prilipov AG, Shchelkanov MYu, Deryabin PG, Shilov AA, Grebennikova TV, et al. Molecular genetic analysis of the biological properties of highly pathogenic influenza A / H5N1 virus strains isolated from wild and domestic birds during an epizootic in Western Siberia (July 2005). *Problems of Virology.* 2006; 51(2): 15–19. (In Russ.).

6. Lvov DK, Shchelkanov MYu, Prilipov AG, Deryabin PG, Fedyakina IT, Galkina IV, et al. Reconstruction of the epizootic outbreak among wild and domestic birds in the south of the European part of Russia in December 2007. *Problems of Virology.* 2008; 53(4): 18–23. (In Russ.).

7. Lvov DK, Shchelkanov MYu, Deryabin PG, Fedyakina IT, Burtseva EI, Prilipov AG, et al. Isolation of highly pathogenic (HPAI) strains of A/H5N1 influenza virus from wild birds in the focus of epizootic on Lake Ubsu-Nur (June 2006) and their deposition in the State Collection of Viruses of the Russian Federation (July 03, 2006). *Problems of Virology.* 2006; 51(6): 14–18. (In Russ.).

8. Kelly TR, Machalaba C, Karesh WB, Crook PZ, Gilardi K, Nziza J, et al. Implementing One Health approaches to confront emerging and re-emerging zoonotic disease threats: Lessons from predict. *One Health Outlook.* 2020; 2: 1. doi: 10.1186/s42522-019-0007-9

9. Kuzmin VA, Svyatkovsky AV (eds). *Epizootology with microbiology*. Saint Petersburg: Lan' Publishing House; 2019. (In Russ.).

10. Lvov DK, Shchelkanov MYu, Alkhovskiy SV, Deryabin PG. *Zoonotic viruses of Northern Eurasia. Taxonomy and ecology*. Academic Press; 2015.

11. Lvov DK, Shchelkanov MYu, Gromashevskiy VL. Influence of climatic factors on the circulation of natural focal viral infections

in Northern Eurasia. *Izmenenie klimata i zdorov'e naseleniya Rossii v XXI veke: Sbornik trudov mezhdunarodnogo seminara (Moskva, 5–6 aprelya 2004 g.)*. Moscow: Adamant Publishing House; 2004: 84–105. (In Russ.).

12. Shchelkanov MYu, Gromashevskiy VL, Lvov D.K. The role of ecological-virological zoning in predicting the impact of climate change on the ranges of arboviruses. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2006; 2: 22–24. (In Russ.).

13. Shchelkanov MYu, Usachev EV, Fedyakina IT, Kireev DE, Ananiev VYu, Sankov MN, et al. Newcastle disease virus in populations of wild birds in the south of Primorsky Krai during autumn migrations of 2001–2004. *Problems of Virology*. 2006; 51(4): 37–41. (In Russ.).

14. Razumova YuV, Shchelkanov MYu, Durymanova AA, Zolotykh SI, Ternovoy VA, Slavskiy AA, et al. Molecular and genetic diversity of influenza A virus in wild bird populations in the south of Western Siberia. *Problems of Virology*. 2005; 50(4): 31–35. (In Russ.).

15. Kononova YuV, Ternovoy VA, Shchelkanov MYu, Protopyopova EV, Zolotykh SI, Yurlov AK, et al. Genotyping of the West Nile virus in the populations of wild birds of the ground and tree-shrub complexes in the territories of the Baraba forest-steppe and the Kulunda steppe (2003–2004). *Problems of Virology*. 2006; 51(4): 19–23. (In Russ.).

16. Dunaeva MN, Pankratov DV, Rakov AV, Surovyy AL, Shchelkanov MYu. Combination of virological and bacteriological methods in the process of pathogenic microorganisms monitoring in populations of migratory birds. *Aktual'nye voprosy obespecheniya epidemiologicheskogo blagopoluchiya v transgranichnykh prirodnykh ochagakh chумы i drugikh opasnykh infektsionnykh bolezney: Materialy XV Mezhgosudarstvennoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Irkutsk, 5–6 oktyabrya 2021 g.)*. Irkutsk: 2021; 97–99. (In Russ.).

17. Boryaeva YuA, Rodin VN. *Autopsy and pathoanatomical diagnosis of diseases of animals and birds: Textbook*. Saransk: Publishing House of Mordovsky University; 2020. (In Russ.).

18. *Guidelines for the pathomorphological diagnosis of animals, birds' and fish diseases in veterinary laboratories, № 13-7-2 / 2137. Order of the Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of Russia, dated 11.09.00*. Moscow; 2000. (In Russ.).

19. Tsygankov VYu, Lukyanova ON, Boyarova MD. Organochlorine pesticide accumulation in seabirds and marine mammals from the Northwest Pacific. *Mar Pollut Bull*. 2018; 128: 208–213. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.01.027

20. Novikova OB, Pavlova MA. Microflora isolated in poultry farms of various technological directions and control of bacterial birds' diseases. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2018; 3: 34–36. (In Russ.).

21. Pokrovsky VI, Tvorogova MG, Shipulin GA (eds). *Laboratory diagnostics of infectious diseases. Guideline*. Ed. BI Pokrovsky et al. Moscow: BINOM Publishing House; 2013. (In Russ.).

22. Popov DA, Ovseenko ST, Vostrikova TYu. Application of the MALDI-TOF MS method in a modern microbiological laboratory. *Poliklinika*. 2016; 8: 53–56 (In Russ.).

23. Kartsev NN, Ershova MG, Pinchuk AS, Leonova ES, Abrosimova GN, Fursova NK, et al. Isolation of diarrheagenic *Escherichia* from children under the age of 5 years. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2016; 6(3): 38. (In Russ.).

24. Sokolova ED, Galtaeva AM, Zamuriy OYu, Didichenko OV, Sokolova YuV, Muratova VA, et al. Polymerase chain reaction in the diagnosis of acute intestinal infections in a children's infectious diseases hospital: opportunities and problems. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2016; 6(3): 225–231. (In Russ.).

25. Konovalova TA, Bondareva AV, Podkolzin AT, Kostenko EM, Khoroshilova TV, Yuditskaya NM. Results of the application of nucleic acid amplification methods for the detection of diarrheagenic *E. coli*. *Molekulyarnaya diagnostika – 2010: Materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Moscow; 2010; 2: 348–350. (In Russ.).

26. Kuryatova EV, Gerasimova MV, Tyukavkina ON, Gavrilov YuA, Gavrilova GA. The etiology of the occurrence of gastroenteritis in young farm animals in the conditions of the Amur Region. *Agricultural Journal in the Far East Federal District*. 2018; 1(45): 60–66. (In Russ.). doi: 10.24411/1999-6837-2018-11010

27. Schislenko SA, Kovalchuk NM. The etiological structure of causative agents of acute intestinal infections (AII) of birds in poultry farms of the Krasnoyarsk Territory. *The Bulletin of KrasGAU*. 2010; 8(47): 94–97. (In Russ.).

28. Hu J, Torres AG. Enteropathogenic *Escherichia coli*: Foe or innocent bystander? *Clin Microbiol Infect*. 2015; 21(8): 729–734. doi: 10.1016/j.cmi.2015.01.015

29. Dho-Moulin M, Fairbrother JM. Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC). *Vet Res*. 1999; 30(2-3): 299–316.

30. Kathayat D, Lokesh D, Ranjit S, Rajashekara G. Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC): An overview of virulence and pathogenesis factors, zoonotic potential, and control strategies. *Pathogens*. 2021; 10(4): 467. doi: 10.3390/pathogens10040467

31. Shilov GYu, Smirnova EA. Analysis of the incidence of acute intestinal infections in the Russian Federation, USA and EU countries. *Food Processing Industry*. 2013; 10: 50–54. (In Russ.).

32. Yakovlev AA, Rakov AV, Pozdeeva ES. The significance of interspecific and intraspecific interactions of microorganisms as a suborganismal level in the hierarchy of the epidemic process. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni*. 2020; 25(3): 118–128. (In Russ.). doi: 10.17816/EID50013

Сведения об авторах

Дунаева Мария Николаевна – аспирант и ведущий инженер лаборатории вирусологии, ФГБУН «Федеральный научный центр биологического разнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН; младший научный сотрудник лаборатории зоонозных инфекций, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; преподаватель Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», e-mail: mariadunaeva29@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1728-1852>

Панкратов Дмитрий Васильевич – заместитель директора по полевым исследованиям, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора, e-mail: pandm08@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0115-5384>

Суровый Алексей Леонидович – первый заместитель министра лесного хозяйства и охраны объектов животного мира Приморского края, Управление по охране объектов животного мира и особо охраняемых природных территорий, Правительство Приморского края, e-mail: asurovuyi@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4022-2738>

Цыганков Василий Юрьевич – кандидат биологических наук, доцент международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология», заместитель директора Института Мирового океана по науке и инновациям, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», e-mail: tsygankov.vyu@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5095-7260>

Беланов Максим Андреевич – студент международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» Института Мирового океана, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», e-mail: belanov.ma@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0974-9176>

Фоменко Павел Васильевич – руководитель отдела, Амурский филиал Всемирного фонда дикой природы, e-mail: pfomenko@wwf.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3777-4718>

Щелканов Михаил Юрьевич – доктор биологических наук, директор, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова» Роспотребнадзора; заведующий лабораторией экологии микроорганизмов с Международным научно-образовательным центром биологической безопасности Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; заведующий лабораторией вирусологии, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологического разнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН; ведущий научный сотрудник лаборатории морских млекопитающих, ФГБНУ «Национальный научный Центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО РАН, e-mail: adorob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

Information about the authors

Maria N. Dunaeva – Postgraduate and Leading Engineer at the Laboratory of Virology, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; Junior Research Officer at the Laboratory of Zoonotic Infections, Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after G.P. Somov of Rospotrebnadzor; Lecturer at the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, e-mail: mariadunaeva29@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1728-1852>

Dmitry V. Pankratov – Deputy Director for Field Research, Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after G.P. Somov of Rospotrebnadzor, e-mail: pandm08@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0115-5384>

Aleksey L. Surovyy – First Deputy Minister, Department for Protection of Wildlife and Specially Protected Natural Territories, Government of Primorsky Krai, e-mail: asurovyy@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4022-2738>

Vasily Yu. Tsygankov – Cand. Sc. (Biol.), Deputy Director of the Institute of the World Ocean for Science and Innovation, Lecturer at the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, e-mail: tsygankov.vyu@dvfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5095-7260>

Maxim A. Belanov – Student at the International UNESCO Chair “Marine Ecology” of the Institute of the World Ocean, Far Eastern Federal University, e-mail: belanov.ma@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0974-9176>

Pavel V. Fomenko – Head of the Department, Amur Branch of the World Wildlife Fund, e-mail: pfomenko@wwf.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3777-4718>

Mikhail Yu. Shchelkanov – Dr. Sc. (Biol.), Director, Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after G.P. Somov of Rospotrebnadzor; Head of the Laboratory of Microbial Ecology with the International Scientific and Educational Center for Biological Safety of the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University; Head of the Laboratory of Virology, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; Leading Research Officer at the Laboratory of Marine Mammals, A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, e-mail: adorob@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

Статья опубликована в рамках Второй Всероссийской научной конференции с международным участием «Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания».