

Сезонная и межгодовая динамика зараженности вирусом птичьего гриппа диких уток на севере Кулундинской равнины Новосибирской области

Ольга Р. Друзяка^{1,2,3}, Александра В. Глущенко¹, Иван А. Соболев¹,
 Людмила Л. Мацкало², Алексей В. Друзяка^{2,3}

¹Научно-исследовательский институт вирусологии Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Новосибирск, Россия

²Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия

³Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

Контактное лицо

Ольга Р. Друзяка, младший научный сотрудник, ФИЦ ФТМ СО РАН; 630060 Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2; младший научный сотрудник, Институт систематики и экологии животных; 630091 Россия, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11; кафедра общей биологии и экологии Новосибирского государственного университета; 630090 Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2.
 Тел. +79231441322
 Email abdrashitova-olga@mail.ru
 ORCID <https://orcid.org/0009-0005-8441-6939>

Формат цитирования

Друзяка О.Р., Глущенко А.В., Соболев И.А., Мацкало Л.Л., Друзяка А.В. Сезонная и межгодовая динамика зараженности вирусом птичьего гриппа диких уток на севере Кулундинской равнины Новосибирской области // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, № 4. С. 35-42. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-4-3

Получена 2 сентября 2025 г.

Прошла рецензирование 20 октября 2025 г.

Принята 25 октября 2025 г.

Резюме

Целью работы является выявление особенностей сезонной и межгодовой динамики зараженности вирусом гриппа птиц (ВГП) в популяциях диких уток на севере Кулундинской равнины во время миграций.

Сбор образцов проводился с апреля по ноябрь 2015–2024 гг. Биологические образцы были собраны от 15 видов диких уток. Для выделения изолятов вируса гриппа А из клоакальных мазков использовали культивирование на развивающихся куриных эмбрионах (РКЭ) в три последовательных пассажа, следуя стандартной методике.

Были собраны клоакальные мазки у 3733 особей, семейства *Anatidae*. Выделено 163 изолята ВГП из проб, отобранных осенью, тогда как весной было выделено 2 изолята. Анализ данных показал межгодовые колебания зараженности ВГП от 1 до 10 % в различные годы.

Таким образом, сезонная и межгодовая динамика зараженности диких уток присутствует на исследуемой территории и можно предположить, что вызвана видовыми особенностями носителей и условиями среды.

Ключевые слова

Миграция, сезонная динамика, межгодовая динамика, вирус гриппа птиц, экология птиц, дикие утки, юг Западной Сибири.

Seasonal and Inter-annual Dynamics of Avian Influenza Virus Infection in Wild Ducks in the northern Kulunda Plain, Novosibirsk Oblast, Russia

Olga R. Druzyaka^{1,2,3}, Alexandra V. Gluschenko¹, Ivan A. Sobolev¹, Lyudmila L. Matskalo² and Alexey V. Druzyaka^{2,3}

¹Research Institute of Virology, Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine (FRCFTM), Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

²Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russia

Principal contact

Olga R. Druzyaka, Junior Researcher, Research Institute of Virology, Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine (FRCFTM), Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 2 Timakova St, Novosibirsk, Russia 630060; Institute of Systematics and Ecology of Animals, 11 Frunze St, Novosibirsk, Russia 630091; Department of General Biology and Ecology, Novosibirsk State University; 2 Pirogova St, Novosibirsk, Russia 630090. Tel. +79231441322 Email abdrashitova-olga@mail.ru ORCID <https://orcid.org/0009-0005-8441-6939>

How to cite this article

Druzyaka O.R., Gluschenko A.V., Sobolev I.A., Matskalo L.L., Druzyaka A.V. Seasonal and Inter-annual Dynamics of Avian Influenza Virus Infection in Wild Ducks in the northern Kulunda Plain, Novosibirsk Oblast, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(4):35-42. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-4-3

Received 2 September 2025

Revised 20 October 2025

Accepted 25 October 2025

Abstract

The objective of the study was to identify the features of seasonal and inter-annual dynamics of avian influenza virus (AIV) infection in wild duck populations in the north of the Kulunda Plain during migrations. Biological samples were collected from April to November 2015–2024, from 15 species of wild ducks. To isolate influenza A virus isolates from cloacal smears, cultivation on developing chicken embryos was used in three consecutive passages, following a standard procedure. Cloacal smears were collected from 3,733 individuals of the *Anatidae* family. 163 A AIV VP isolates were isolated from samples taken in autumn, while 2 isolates were isolated in spring. The analysis of the data showed inter-annual fluctuations in the infection rate of AIV from 1 to 10 % in different years.

Varying seasonal and inter-annual dynamics of wild duck infection were determined in the study area and it can be assumed that this is caused by the specific characteristics of the carriers and environmental conditions.

Key Words

Migration, seasonal dynamics, inter-annual dynamics, avian influenza virus, bird ecology, wild ducks, southern Western Siberia.

ВВЕДЕНИЕ

Основным природным резервуаром низкпатогенных штаммов вируса гриппа птиц (ВГП) традиционно считаются водоплавающие и околоводные птицы отряда *Anseriformes* (Гусеобразные), в первую очередь представители семейства *Anatidae* (утинные), а также отдельные виды отряда *Charadriiformes* (Ржанкообразные) [1; 2]. Особую эпидемиологическую значимость среди них представляют речные и нырковые утки (подсемейство *Anatinae*), что обусловлено их высокой численностью [3], спецификой трофического (кормового) поведения (включая фильтрационный тип питания) [4], склонностью к образованию смешанных скоплений [5] и обширными миграционными связями [6]. Эти экологические особенности способствуют распространению вирусов при бессимптомном течении инфекции, делая данную группу птиц ключевым звеном в поддержании природных очагов заболевания.

Водно-болотные угодья северной части Кулундинской равнины, расположенные в Обь-Иртышском междуречье, представляют собой уникальный природный комплекс, играющую особую роль в циркуляции вируса птичьего гриппа [7]. Характеризуясь высокой плотностью пресноводных и солоноватых водоемов, заболоченными территориями и речными поймами с обширными мелководьями [8], эти местообитания образуют ключевые орнитологические территории международного значения. Их уникальность определяется расположением на пересечении нескольких миграционных путей [9], что создает оптимальные условия для межвидовой передачи и генетической рекомбинации вирусных штаммов, особенно в периоды пространственно-временного наложения миграционных потоков птиц из различных географических регионов.

Немногочисленные исследования демонстрируют выраженную сезонную динамику зараженности ВГП у диких водоплавающих птиц. Так, в Северной Америке и Северной Европе выявили значительные колебания распространённости вируса – от менее 1 % в период весенней миграции до 30 % в осенний период [10; 11]. Такая динамика объясняется появлением большого количества молодых иммунологически наивных птиц в конце сезона размножения, а также особенностями передачи вируса через контаминированную водную среду и условиями сохранения патогенов [12]. Фекально-оральный механизм передачи обеспечивает длительную персистенцию вируса в экосистемах, а способность адсорбироваться на оперении птиц создает предпосылки для его распространения на значительные расстояния в ходе миграции [13].

Изучение сезонной и межгодовой динамики зараженности низкпатогенными вирусами птичьего гриппа в популяциях диких птиц на территории Кулундинской равнины представляет научную и практическую значимость, несмотря на существования таких исследований в других регионах мира. Эпидемиологические закономерности циркуляции ВГП обладают выраженной географической спецификой, обусловленной особенностями миграционных путей, видового состава птиц-хозяев и местных климатических условий. С учетом этого, существующие данные по сезонной динамике ВГП не могут быть экстраполированы на Сибирь из других регионов мира ввиду существенных различий в видовом составе птиц-хозяев, структуре популяций и динамике миграционных процессов,

особенностями климата. Проведение исследований на территории Кулундинской равнины вносит существенный вклад в глобальную систему эпидемиологического мониторинга (надзора за птичьим гриппом), позволяя выявить специфические закономерности циркуляции ВГП в условиях Западной Сибири. В свою очередь, это необходимо для понимания общих механизмов эволюции и распространения вируса в Евразии. Кроме того, мониторинг зараженности диких птиц на юге Западной Сибири имеет особое значение для прогнозирования эпизоотий и разработки мер биобезопасности.

Целью настоящей работы явилось выявить особенности сезонной и межгодовой динамики зараженности вирусом гриппа птиц в популяциях диких уток во время весенней и осеннеей массовой миграции на севере Кулундинской равнины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сбор биологического материала осуществляли в рамках проведения долгосрочного мониторингового исследования (Программа по изучению инфекционных болезней диких животных, ФИЦ ФТМ, Новосибирск), на территории водно-болотных угодий северной части Кулундинской равнины (юга Западной Сибири) (рис. 1). Отбор проб проводился в период государственного охотничьего сезона весенней (апрель-май) и осеннеей (август-октябрь) миграции водоплавающих птиц с 2015 по 2024 год у птиц, добытых местными охотниками-любителями по лицензиям регионального министерства экологии и природных ресурсов. Настоящее исследование проведено в соответствие с одобрением и требованием Комитета по биомедицинской этике Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины (ФИЦ ФТМ), г. Новосибирск (протокол № № 2021–10). В ходе исследования было отобрано 3733 образца, включая 2332 от особей диких уток в осенний период и 1401 от особей в весенний период.

Методика отбора проб на выявление вируса птичьего гриппа соответствовала рекомендациям ВОЗ от 2006 года. Клоакальные мазки отбирали стерильными аппликаторами. Отобранные пробы помещали в 1 мл транспортной среды в криопробирки объемом 2 мл. Обеспечение сохранности проб на всех этапах достигалось за счет их размещения и перевозки в сосуде Дьюара с жидким азотом.

Видовую индификацию особей проводили с привлечением стандартных полевых определителей: «Определитель птиц СССР» [14], «Guide to the Sex and Age of European Ducks» [15], а также «Определитель птиц Урала, Приуралья и Западной Сибири» [16].

Выделение вируса осуществляли согласно методике ВОЗ путем трех последовательных пассажей на РКЭ. Собранный аллантоисную жидкость тестировали в реакции гемагглютинации (РГА). Все образцы с активностью гемагглютинирующей активностью были протестированы на наличие вирусов гриппа типа А.

Статистическая обработка данных включала расчет показателей распространенности вируса с 95 % доверительными интервалами, анализ сезонных и межгодовых различий с использованием критерия χ^2 .

Для проверки значимости различий для выборок с малыми классами использовали критерий χ^2 с поправкой Йейтса на непрерывность. Ожидаемые

частоты во всех ячейках превышали 5 наблюдений, что удовлетворяет условиям применения критерия.



Рисунок 1. Территория проведения исследования
Figure 1. The research area

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе мониторингового исследования на территории северной части Кулундинской равнины Новосибирской области была собрана обширная выборка биологического материала. Всего отобрано 3733 клоакальных мазков у особей диких уток, относящихся к 15 видам семейства Anatidae, которые играют важную роль в

сохранении и распространении вируса птичьего гриппа в естественных экосистемах. Видовой состав выборки включал как массовые, так и относительно редкие виды диких уток, что позволяет получить репрезентативные данные о циркуляции ВГП на исследуемой территории (табл. 1).

Таблица 1. Таксономический состав и численность диких уток, отобранных для исследования в период с 2015 по 2024 гг. на территории севера Кулундинской равнины (Новосибирская область)

Table 1. Taxonomic composition and abundance of wild ducks selected for research in the period from 2015 to 2024 in the north of the Kulunda plain (Novosibirsk region)

Вид птиц / Bird species			Количество обследованных особей
Латинское название Latin name	Русское название Russian name	Английское название English name	Number of sampled birds
<i>Aythya ferina</i>	Нырок красноголовый	Common Pochard	1275
<i>Bucephala clangula</i>	Гоголь	Goldeneye	40
<i>Anas Platyrhynchos</i>	Кряква обыкновенная	Mallard	453
<i>Mergus albellus</i>	Луток	Smew	27
<i>Aythya nyroca</i>	Нырок белоглазый	White-eyed Pochard	3
<i>Anas penelope</i>	Свиязь	Eurasian wigeon	39
<i>Netta rufina</i>	Нырок красноносый	Red-crested pochard	214
<i>Tadorna tadorna</i>	Пеганка	Common shelduck	7
<i>Oxyura leucocephala</i>	Савка	White-headed duck	3
<i>Anas Strepera</i>	Серая утка	Gadwall	308
<i>Aythya fuligula</i>	Чернеть хохлатая	Tufted duck	40
<i>Anas crecca</i>	Чирок-свистунок	Common Teal	623
<i>Anas querquedula</i>	Чирок-трескунок	Garganey	287
<i>Anas acuta</i>	Шилохвость	Northern pintail	145
<i>Anas clypeata</i>	Широконоска	Northern Shoveler	269
Итого / Total:			3733

Используя стандартные методики выделения изолятов вируса птичьего гриппа на развивающихся куриных

эмбрионах, из клоакальных мазков, было получено 165 положительных изолятов. Зараженность птиц

осенью (7,0 %) была достоверно выше, чем весной (0,14 %; χ^2 с поправкой Йейтса = 95,63; df = 1; p < 0,001). Полученные данные демонстрируют существенно

более высокий уровень зараженности вирусом в популяциях диких уток во время осенней миграции по сравнению с периодом весенней миграции (табл. 2).

Таблица 2. Видовое распределение и количество выделенных изолятов вируса птичьего гриппа от диких уток на севере Куулундинской равнины (2015–2024 гг.)

Table 2. Species distribution and number of isolated avian influenza virus isolates from wild ducks in the north of the Kulunda Plain (2015–2024)

№ п/п	Вид птицы Bird species	Английское название English name	Количество положительных изолятов	Количество положительных изолятов ВГП в период осенней миграции Number of positive AIV isolates during autumn migration period
			AIV в период весенней миграции Number of positive HSV isolates during spring migration period	
1	Нырок красноголовый	Common pochard	2	1
2	Гоголь	Goldeneye	0	0
3	Кряква обыкновенная	Mallard	0	32
4	Луток	Smew	0	0
5	Нырок белоглазый	White-eyed pochard	0	0
6	Свиязь	Eurasian wigeon	0	3
7	Нырок красноносый	Red-crested pochard	0	0
8	Пеганка	Common shelduck	0	0
9	Савка	White-headed duck	0	0
10	Серая утка	Gadwall	0	4
11	Чернеть хохлатая	Tufted duck	0	1
12	Чирок-свистунок	Common teal	0	65
13	Чирок-трескунок	Garganey	0	13
14	Шилохвост	Northern pintail	0	24
15	Широконоска	Northern shoveler	0	20
Итого / Total:			2	163

Особый интерес представляют видовые особенности вирусонасительства. В весенний период инфицированные особи были обнаружены только у красноголового нырка (*Aythya ferina*), причем этот же вид показал наименьший уровень зараженности в осенний период. Такая зараженность может быть связана с особенностями биологии вида: характером миграционных путей, сроками размножения, спецификой формирования иммунного ответа. Как видно из полученных данных, зараженность диких уток во время весенней миграции носит характер единичных случаев, наблюдаемых исключительно у одного вида – красноголового нырка.

Уровень вирусного носительства среди диких уток варьировал от 0 до 5 % весной и от 0 до 13,4 % осенью, демонстрируя зависимость от таких факторов, как: месяца отбора проб, года исследования, видовой принадлежности птиц. Полученные данные подчеркивают необходимость учета как сезонных, так и видовых особенностей при организации мониторинга вируса птичьего гриппа в природных популяциях.

Оценивая полученные результаты, можно предположить, что весной зараженные особи встречаются крайне редко, наблюдались единичные случаи в 2021 г. В период осенней миграции, начинающейся во второй половине августа, максимальное количество зараженных ВГП птиц наблюдается в сентябре с последующим снижением в последующие месяцы (рис. 1).

Анализ данных за 2015–2024 гг. выявил статистически значимые различия в уровне зараженности вирусом гриппа птиц (ВГП) среди диких

уток в разные месяцы осенней миграции ($\chi^2 = 18,7$; df = 2; p < 0,001). Наибольшая зараженность зарегистрирована в сентябре (9,3 %; 95 % ДИ: 7,7–11,3 %), что значительно превышает показатели августа (5,2 %, p = 0,0006) и октября (5,0 %, p = 0,0003). Различия между августом и октябрем статистически незначимы (p = 0,84).

Выявленный пик зараженности в сентябре согласуется с данными из Северной Европы [17], где максимальная зараженность ВГП также отмечается в начале осени. Вероятное объяснение этому явлению включает комплекс причин: увеличение плотности мигрирующих стай, более благоприятные условия для сохранения и передачи вируса через среду в осенний период, накоплением вируса в водоемах за летний период, а также возможное взаимодействие местных птиц с мигрирующими на миграционных остановках, к которым относится исследуемая территория, что способствует распространению ВГП. Так же стоит отметить продолжительность периода миграции. Сроки весенней миграции значительно более сжаты по времени, по сравнению с осенней миграцией, что снижает возможность повышенных контактов и возможности заражения вирусом от особей разных популяций и из среды.

Зараженность ВГП у диких уток варьировала в зависимости от года отбора проб и составляла от 1 до 10 % (рис. 2). Выявлены статистически значимые различия между годами ($\chi^2 = 28,3$; p = 0,0008). Максимальная зараженность в 2019 году (9,4 %) значительно превышала показатели 2016 (4,1%; p = 0,03) и 2022 (4,3%; p = 0,03).

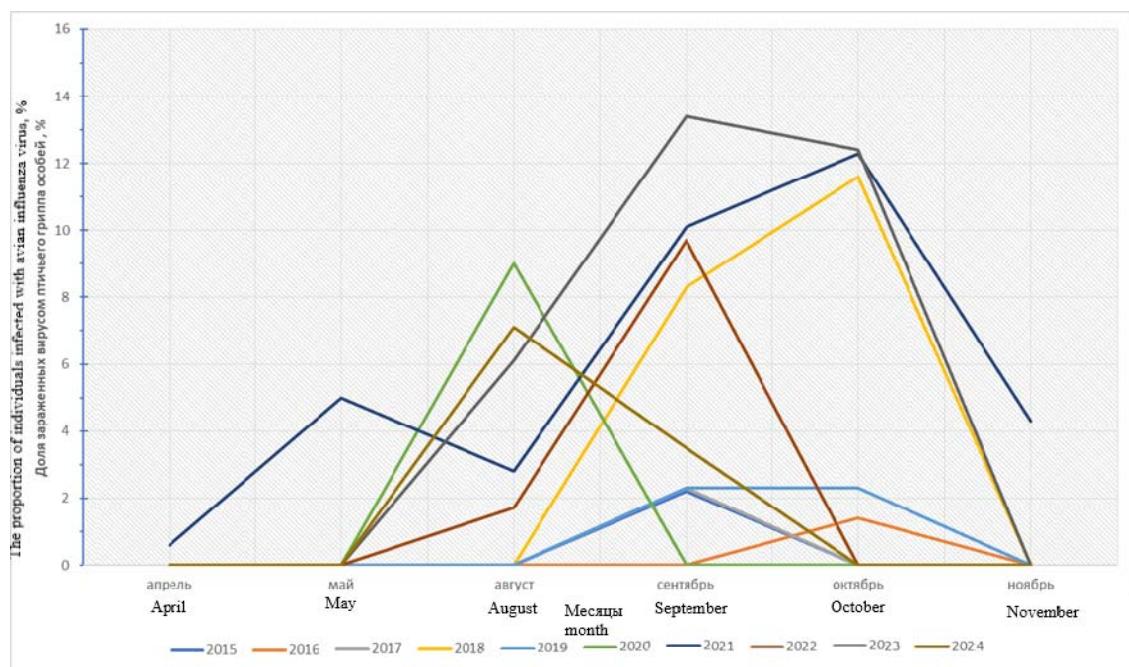


Рисунок 2. Зараженность диких уток вирусом птичьего гриппа на севере Кулундинской равнины Новосибирской области, 2015–2024 гг.

Figure 2. Prevalence of avian influenza virus in wild ducks in the northern part of the Kulunda Plain, Novosibirsk Region, 2015–2024

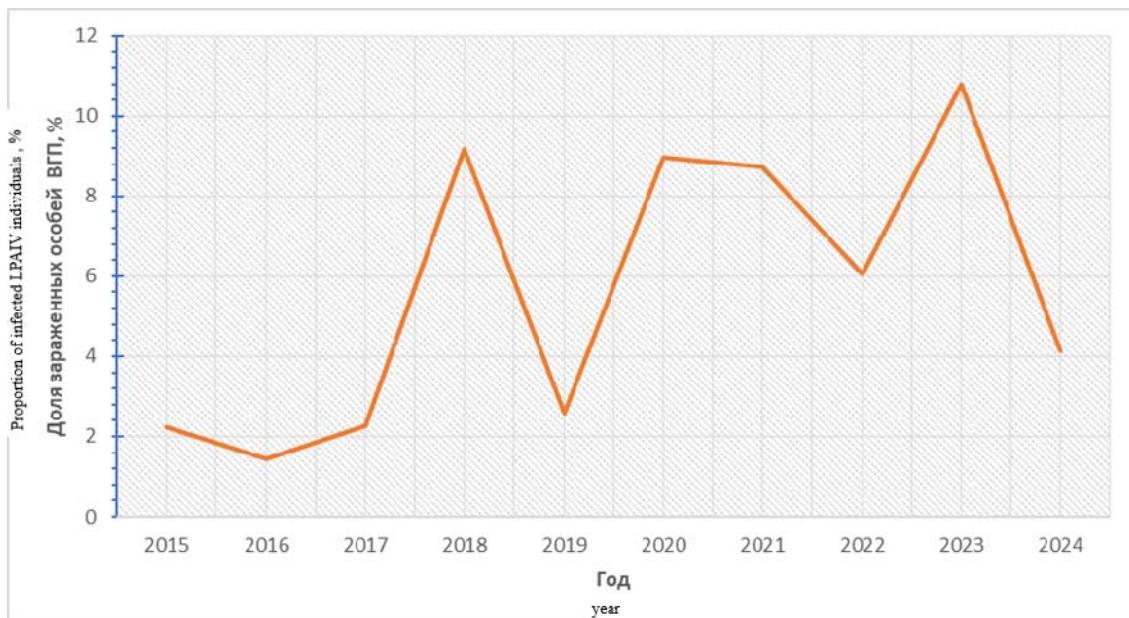


Рисунок 3. Межгодовая динамика зараженности вирусом птичьего гриппа диких уток на севере Кулундинской равнины Новосибирской области в период осенней миграции 2015–2024 гг.

Figure 3. Inter-annual dynamics of avian influenza virus prevalence in wild ducks during autumn migration (2015–2024) in the northern Kulunda Plain, Novosibirsk Region

Эти колебания в уровне зараженности могут быть объяснены различием в видовом составе выборок, так как различные виды уток демонстрируют различные показатели зараженности ВГП. Разные виды уток обладают уникальными экологическими нишами, что определяет их поведенческие и физиологические особенности, а также возможность заражения ВГП. Эти особенности и их взаимодействия могут значительно сказываться на общем годовом проценте зараженности диких уток на севере Кулундинской равнины. Например, если в определенный год на территории проведения исследования преобладают виды с

возможным высоким уровнем зараженности, то общий уровень зараженности в популяции будет выше. Напротив, если доминируют менее восприимчивые виды, это приводит к снижению общего процента зараженности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Десятилетние исследования выявили устойчивые закономерности в сезонной динамике зараженности вирусом гриппа птиц (ВГП) среди популяций диких уток на севере Кулундинской равнины. Наиболее значимым результатом стало полное отсутствие инфицированных

особей в весенний период миграции на фоне выраженного осеннего пика зараженности, достигающего максимума в сентябре. Этот феномен, сопровождающийся межгодовыми колебаниями интенсивности, требует комплексного объяснения с учетом экологических и эпидемиологических факторов.

Анализ полученных данных позволяет предположить, что наблюдаемая сезонная динамика обусловлена сочетанием нескольких ключевых механизмов. Плавный рост зараженности с августа по сентябрь свидетельствует о наличии вируса в локальных популяциях в летний период, что создает предпосылки для активной передачи инфекции в ходе осенней миграции. В этот период массовые скопления птиц, продолжительные миграционные остановки и интенсивные контакты между резидентными и мигрирующими особями формируют идеальные условия для циркуляции патогена. Напротив, весенняя миграция характеризуется принципиально иной экологической ситуацией: более скатые сроки перелетов, фрагментированные стаи и ограниченные контакты между популяциями, дополненные специфическими климатическими условиями (низкие температуры, ограниченная кормовая база), могут препятствовать эффективной передаче вируса. Особый интерес представляет сентябрьский пик зараженности, который, по-видимому, отражает критическую фазу в эпидемиологическом цикле ВГП в регионе, когда сочетание экологических и поведенческих факторов достигает оптимального баланса для поддержания вируса в популяции.

Полученные результаты согласуются с данными других исследований, однако уникальность наших данных заключается в документально подтвержденном отсутствии весенней зараженности, что требует пересмотра существующих моделей передачи вируса в умеренных широтах. Это явление может быть специфично для экосистем Кулундинской равнины, где сочетание гидрологического режима, температурных градиентов и структуры миграционных путей создает особые условия для сезонной динамики патогенов.

Перспективы дальнейших исследований видятся в нескольких направлениях. Во-первых, необходимы детальные исследования вирусных изолятов для понимания их происхождения и динамики в популяции. Во-вторых, важным представляется изучение роли абиотических факторов (температура, влажность, УФ-излучение) в сезонной выживаемости вируса во внешней среде. В-третьих, требуют уточнения механизмы межвидовой передачи между дикими и домашними птицами в разные сезоны года. Полученные знания позволят не только углубить понимание экологии ВГП, но и разработать научно обоснованную систему эпидемиологического надзора, интегрирующую климатические прогнозы и данные о миграционных потоках птиц. Это особенно актуально в контексте глобальных изменений климата, которые могут существенно изменить традиционные паттерны распространения зоонозных инфекций.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке гранта «Создание актуальной коллекции современных вирусов болезни Ньюкасла (ВБН) для разработки иммunoологических биопрепараторов» РНФ № 24-24-00367.

Мы также хотели бы поблагодарить начальника Карасукского научного стационара В.А. Шило и

многочисленных сибирских охотников-любителей, предоставившим нам материал для анализа.

ACKNOWLEDGMENTS

The work was supported by the Russian Science Foundation grant «Creation of an Up-to-Date Collection of Modern Newcastle Disease Viruses (NDV) for the Development of Immunological Biological Products» RSF № 24-24-00367.

We would also like to thank the head of the Karasuk Scientific Station, V.A. Shilo and numerous Siberian amateur hunters who provided us with the material for analysis.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly pathogenic avian influenza viruses at the wild-domestic bird interface in Europe: future directions for research and surveillance // *Viruses*. 2021. V. 13. N. 2. P. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
2. Kalonda A., Saasa N., Nkhoma P., Kajihara M., Sawa H., Takada A., Simulundu E. Avian Influenza Viruses Detected in Birds in Sub-Saharan Africa: A Systematic Review // *Viruses*. 2020. V. 12. N. 9. P. 993. <https://doi.org/10.3390/v12090993>
3. Spackman E. Animal Influenza Virus. Methods in Molecular Biology. New York, 2020, 294 p. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0346-8_7
4. Papp Z., Clark R.G., Parmley E.J., Leighton F.A., Waldner C., Soos C. The ecology of avian influenza viruses in wild dabbling ducks (*Anas* spp.) in Canada // *PLoS One*. 2017. V. 12. N. 5. Article id: e0176297. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176297>
5. Causey D., Edwards S.V. Ecology of avian influenza virus in birds // *Journal of Infectious Diseases*. 2008. V. 197. P. S29-S33. <https://doi.org/10.1086/524991>
6. McDue F., Matchett E.L., Prosser D.J., Takekawa J.Y., Pitesky M.E., Lorenz A.A., McCuen M.M., Cory O., Ackerman J.T., Cruz S., Casazza M.L. Pathways for avian influenza virus spread: GPS reveals wild waterfowl in commercial livestock facilities and connectivity with the natural wetland landscape // *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022. V. 69. N. 5. P. 2898–2912. <https://doi.org/10.1111/tbed.14428>
7. De Marco M.A., Sivay M., Sharshov K., Yurlov A., Cotti C., Shestopalov A. Virological evaluation of avian influenza virus persistence in natural and anthropic ecosystems of Western Siberia (Novosibirsk Region, summer 2012) // *PLoS One*. 2014. V. 9. N. 6. Article id: e100859. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100859>
8. Strakhovenko V.D., Ovdina E.A., Ermolaeva N.I. Radioactivity assessment of sapropel sediments in small lakes in the Baraba Lowland and Kulunda Plain, West Siberia // *Geochemistry International*. 2022. V. 60. N. 8. P. 792–807. <https://doi.org/10.1134/S0016702922080096>
9. Druzyaka A.V., Druzyaka O.R., Sharshov K.A., Kasianov N., Dubovitskiy N., Frolov I.G., Torniainen J., Wang W., Minina M.A., Shestopalov A.M. Stable isotope analysis reveals common teal (*Anas crecca*) molting sites in Western Siberia: implications for avian influenza virus spread // *Microorganisms*. 2024. V. 12. N. 2. P. 357. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020357>
10. Van Dijk J.G.B., Hoye B.J., Verhagen J.H., Nolet B.A., Fouchier R., Klaassen M. Juveniles and migrants as drivers for seasonal epizootics of avian influenza virus // *Journal of Animal Ecology*. 2014. V. 83. N. 1. P. 266–275. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12131>
11. Latorre-Margalef N., Tolf C., Grosbois V., Avril A., Bengtsson D., Wille M., Osterhaus A., Fouchier R., Olsen B., Waldenström B. Long-term variation in influenza A virus prevalence and subtype diversity in migratory mallards in northern Europe // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2014. V. 281. N 1781. Article id: 20140098. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0098>
12. Mateus-Anzola J., Gaytan-Cruz L., Espinosa-García A.C., Martínez-López B., Ojeda-Flores R. Risk for waterborne transmission and environmental persistence of avian influenza virus in a wildlife/domestic interface in Mexico // *Food Environ Virol*. 2024. N 16. P. 458–469. <https://doi.org/10.1007/s12560-024-09608-0>
13. Гуляева М.А., Шаршов К.А., Соболев И.А., Юрлов А.К., Гаджиев А.А., Рабазанов Н.И., Шестопалова Л.В., Шестопалов

- А.М. Выделение вируса гриппа А с оперения водоплавающих птиц во время осенней миграции // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 3. С. 134–141. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-3-134-141>
14. Гладков Н.А., Дементьев Г.П., Птушенко Е.С., Судиловская А.М. Определитель птиц СССР. Москва: Высшая школа, 1964. 536 с.
15. Mouronval J.B. Guide to the sex and age of European ducks. Paris: Office National de la chasse et de la faune sauvage, 2016. с. 128
16. Рябцев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири. Екатеринбург: Уральский государственный университет им. АМ Горького, 2002. 608 с.
17. Olsen B., Munster V.J., Wallensten A., Waldenstrom J., Osterhaus A.D., Fouchier R.A. Global patterns of influenza A virus in wild birds // Science. 2006. V. 312. N 5772. P. 384–388. <https://doi.org/10.1126/science.1122438>

REFERENCES

1. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly pathogenic avian influenza viruses at the wild-domestic bird interface in Europe: future directions for research and surveillance. *Viruses*, 2021, vol. 13, no. 2. p. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
2. Kalonda A., Saasa N., Nkhompa P., Kajihara M., Sawa H., Takada A., Simulundu E. Avian Influenza Viruses Detected in Birds in Sub-Saharan Africa: A Systematic Review. *Viruses*, 2020, vol. 12, no. 9, p. 993. <https://doi.org/10.3390/v12090993>
3. Spackman E. Animal Influenza Virus. Methods in Molecular Biology. New York, NY, 2020, 294 p. https://doi.org/10.1007/978-0-716-0346-8_7
4. Papp Z., Clark R.G., Parmley E.J., Leighton F.A., Waldner C., Soos C. The ecology of avian influenza viruses in wild dabbling ducks (*Anas* spp.) in Canada. *PLoS One*, 2017, vol. 12, no. 5, article id: e0176297. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176297>
5. Causey D., Edwards S.V. Ecology of avian influenza virus in birds. *Journal of Infectious Diseases*, 2008, vol. 197, pp. S29–S33. <https://doi.org/10.1086/524991>
6. McDue F., Matchett E.L., Prosser D.J., Takekawa J.Y., Pitesky M.E., Lorenz A.A., McCuen M.M., Cory O., Ackerman J.T., Cruz S., Casazza M.L. Pathways for avian influenza virus spread: GPS reveals wild waterfowl in commercial livestock facilities and connectivity with the natural wetland landscape. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2022, vol. 69, no. 5, pp. 2898–2912. <https://doi.org/10.1111/tbed.14428>
7. De Marco M.A., Sivay M., Sharshov K., Yurlov A., Cotti C., Shestopalov A. Virological evaluation of avian influenza virus persistence in natural and anthropic ecosystems of Western Siberia
- (Novosibirsk Region, summer 2012). *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 6, article id: e100859. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100859>
8. Strakhovenko V.D., Ovdina E.A., Ermolaeva N.I. Radioactivity assessment of sapropel sediments in small lakes in the Baraba Lowland and Kulunda Plain, West Siberia. *Geochemistry International*, 2022, vol. 60, no. 8, pp. 792–807. <https://doi.org/10.1134/S0016702922080096>
9. Druzyaka A.V., Druzyaka O.R., Sharshov K.A., Kasianov N., Dubovitskiy N., Frolov I.G., Torniainen J., Wang W., Minina M.A., Shestopalov A.M. Stable isotope analysis reveals common teal (*Anas crecca*) molting sites in Western Siberia: implications for avian influenza virus spread. *Microorganisms*, 2024, vol. 12, no. 2, p. 357. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020357>
10. Van Dijk J.G.B., Hoye B.J., Verhagen J.H., Nolet B.A., Fouchier R., Klaassen M. Juveniles and migrants as drivers for seasonal epizootics of avian influenza virus. *Journal of Animal Ecology*, 2014, vol. 83, no. 1, pp. 266–275. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12131>
11. Latorre-Margalef N., Tolf C., Grosbois V., Avril A., Bengtsson D., Wille M., Osterhaus A., Fouchier R., Olsen B., Waldenström B. Long-term variation in influenza A virus prevalence and subtype diversity in migratory mallards in northern Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2014, vol. 281, no. 1781, article id: 20140098. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0098>
12. Mateus-Anzola J., Gaytan-Cruz L., Espinosa-Garcia A.C., Martínez-López B., Ojeda-Flores R. Risk for waterborne transmission and environmental persistence of avian influenza virus in a wildlife/domestic interface in Mexico. *Food Environ Virol*, 2024, no. 16, pp. 458–469. <https://doi.org/10.1007/s12560-024-09608-0>
13. Gulyaeva M.A., Sharshov K.A., Sobolev I.A., Yurlov A.K., Gadzhiev A.A., Rabazanov N.I., Shestopalova L.V., Shestopalov A. M. The isolation of influenza A virus from plumage of waterfowl during autumn migration. *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 13, no. 3, pp. 134–141 (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-3-134-141>
14. Gladkov N.A., Dementiev G.P., Ptushenko E.S., Sudilovskaya A.M. *Opredelitel' ptits SSSR* [Determinant of birds of the USSR]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1964, 536 p. (In Russian)
15. Mouronval J.B. Guide to the sex and age of European ducks. Paris, Office National de la chasse et de la faune sauvage, 2016, p. 128.
16. Ryabtsev V.K. Birds of the Urals, the Urals and Western Siberia. Yekaterinburg, Ural Gorky State University Publ., 2002, 608 p. (In Russian)
17. Olsen B., Munster V.J., Wallensten A., Waldenstrom J., Osterhaus A.D., Fouchier R.A. Global patterns of influenza A virus in wild birds. *Science*, 2006, vol. 312, no. 5772, pp. 384–388. <https://doi.org/10.1126/science.1122438>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ольга Р. Друзяка и Алексей В. Друзяка осуществили сбор полевых образцов, сводный анализ данных и написали рукопись. Александра В. Глущенко проводила лабораторный анализ вирусологических проб. Людмила Л. Мацкало и Иван А. Соболев выполнили критический анализ, редактирование и доработку текста рукописи до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Olga R. Druzyaka and Alexey V. Druzyaka conducted field sample collection, comprehensive data analysis and manuscript drafting. Alexandra V. Glushchenko conducted a laboratory analysis of virological samples. Lyudmila L. Matskalo and Ivan A. Sobolev performed critical analysis, editing, and refinement of the manuscript before submitting it to the Editor. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Ольга Р. Друзяка / Olga R. Druzyaka <https://orcid.org/0009-0005-8441-6939>

Александра В. Глущенко / Alexandra V. Glushchenko <https://orcid.org/0000-0002-5784-0073>

Иван А. Соболев / Ivan A. Sobolev <https://orcid.org/0000-0002-4561-6517>

Людмила Л. Мацкало / Lyudmila L. Matskalo <https://orcid.org/0000-0001-7458-1416>

Алексей В. Друзяка / Alexey V. Druzyaka <https://orcid.org/0000-0002-3597-1283>