

УДК 551.583:598.2:528.8

Кандидат. геогр. наук, доцент **Е.А.Дронова**
Магистр **А.А.Галимова**
ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЗАСУХ НА МИГРАЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ ПТИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В рамках данного научного исследования актуализирована проблема воздействия неблагоприятных агрометеорологических засушливых явлений на сроки миграций птиц посредством анализа трофической доступности в границах Астраханского заповедника. Главная задача работы заключалась в определении закономерностей влияния засухи на растительный покров и миграционные процессы орнитофауны на фоне климатических трансформаций. Методологический каркас опирался на передовые технологии геоинформационного анализа, в частности на применение программного модуля Trends.Earth в среде QGIS и обработку спутниковых данных Landsat 7–8. Ключевым индикатором уровня засушливости служил нормализованный вегетационный индекс (NDVI). Объектом изучения выступили проявления засухи на исследуемой территории в хронологическом промежутке с 1991 по 2022 год на миграции исследуемых видов птиц: сизоворонка (*Coracias garrulus*) и кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*). Обработка осуществлялась на основе картографических материалов, подготовленных для 1991, 2001, 2011 и 2021 годов, с последующим их сравнением с графиками миграций ключевых видов птиц. Полученные данные подтвердили наличие выраженной корреляции между интенсивностью засухи и миграционными стратегиями птиц. Установлено, что засухи оказывают многофакторное воздействие: прямое, через изменение сроков миграций, и косвенное, через деградацию кормового ресурса. Практическая ценность исследования состоит в возможности применения полученных результатов для прогнозирования сдвигов в структуре орнитофауны и разработки стратегий сохранения биоразнообразия в условиях меняющегося климата. Работа подчеркивает необходимость комплексного подхода к изучению влияния засухи на экосистемы. Научная новизна заключается в использовании современных ГИС-технологий для оценки влияния засух на орнитофауну через призму состояния кормовой базы.

Ключевые слова: засуха, орнитофауна, кормовая база, Астраханский заповедник, геоинформационный анализ, NDVI (нормализованный разностный вегетационный индекс), климатические изменения, миграция птиц, растительный покров, космические снимки.

Для цитирования: Дронова, Е. А. Анализ влияния засух на миграционные стратегии птиц с использованием геоинформационных систем / Е. А. Дронова, А. А. Галимова. – Текст : непосредственный // Гидрометеорология и образование. – 2026. – № 3(27). – С. 60-67.

Введение

В качестве объекта исследования для оценки состояния растительного покрова Астраханского заповедника был выбран кордон Дамчик. Расположенный на Прикаспийской низменности, он обладает

уникальной особенностью – доступом к авандельте Волги, которая выступает ключевой территорией обитания пернатых [5].

Дельта Волги считается одной из самых значительных в Евразии зон массового скопления птиц во время сезонных перемещений. В некоторых участках Астраханского заповедника наблюдается особенно высокая концентрация мигрирующих водоплавающих и околоводных птиц [5].

В современных условиях глобальных климатических изменений особую актуальность приобретает исследование взаимосвязей между природными факторами и биотическими компонентами экосистем, особенно на юге России.

Главная задача настоящей работы заключалась в комплексном изучении закономерностей влияния засушливых явлений на состояние растительного покрова и миграционные процессы орнитофауны в условиях меняющегося климата Астраханской области и территории заповедника.

Особую значимость исследование приобретает в связи с увеличением количества неблагоприятных агрометеорологических условий весенне-летнего периода.

Анализ показывает, что на изучаемой территории наблюдается рост интенсивности засух, которые, согласно имеющимся данным, характеризуются не столько частотой возникновения, сколько значительной силой воздействия на природные комплексы [8,11].

Методы исследования

Для мониторинга засушливости применялись геоинформационные технологии, в частности модуль Trends.Earth в программной среде QGIS и данные спутниковой съемки Landsat 7–8 с последующим расчетом нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI). Инструмент Trends.Earth предоставляет информацию о долгосрочных тенденциях засухи, опираясь на такие метрики, как стандартизованный индекс осадков (SPI) и индекс осадков с учетом эвапотранспирации (SPEI), а также на индекс уязвимости от JRC и демографические данные в пиковые периоды засухи [12]. Индекс NDVI расширяет картину, фиксируя текущее состояние растительности и позволяя обнаруживать участки водного стресса. Интеграция этих подходов обеспечивает баланс между стратегическим анализом и оперативным контролем [2, 7, 12].

Анализ миграционных процессов и кормовой базы птиц позволил идентифицировать виды, чьи сроки прилета наиболее сильно коррелируют с температурой воздуха, которая стимулирует появление ресурсов – растительности, насекомых и земноводных [5]. Взаимосвязь исследовалась двумя путями: путем вычисления средней температуры, сопутствующей прибытию птиц в заповедник, и через оценку зависимости миграции от доступности пищи при определенных термических условиях. Для травоядных видов и многих других критически важна температура, запускающая активный рост растений. Растительность выполняет не только функцию корма, но и служит укрытием от хищников и местом для размножения.

Результаты

За период 1991–2021 гг. на рисунке 1 прослеживается чёткий тренд на увеличение среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанции (МС) Дамчик. Коэффициент корреляции линейной зависимости за весь период составляет 0,6–0,7, что указывает на умеренную связь между временем и температурой. Наиболее интенсивный рост температуры начался с 1993 года: зафиксирован скачок с 8,3 °C до 12,3 °C.

За 1991–2021 гг. среднегодовая температура воздуха увеличилась на 4 °C, а линейный тренд прогнозирует более умеренный рост (~2,4 °C), что связано с упрощённым учётом колебаний. По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО, 2020), начиная с 1980-х годов каждое последующее десятилетие было теплее, чем любое предыдущее после 1850 года, что и подтверждается проведённым анализом по данным МС Дамчик [8,11].

Анализ данных миграций птиц по Летописи природы Астраханского заповедника за 1951–2021 гг. показал, что среди 12 часто встречающихся на пролёте обычных видов изменения в сроках начала миграций произошли у всех [5].

На весеннем миграционном периоде 6 из 8 изученных видов начали возвращаться раньше, включая вяхиря, обыкновенную кукушку, речную крачку, сизоворонку, чеглока и чибиса. В то же время, большая выпь и малая белая цапля, наоборот, стали мигрировать в Астраханский заповедник позже, чем обычно.

Во время осеннего миграционного периода наблюдаются следующие изменения: зимняк и хохлатая черныш начали появляться на территории заповедника раньше, тогда как лебедь-кликун стал приходить на 9 дней позже стандартных сроков осенней миграции. Данные отражены на рисунке 2.

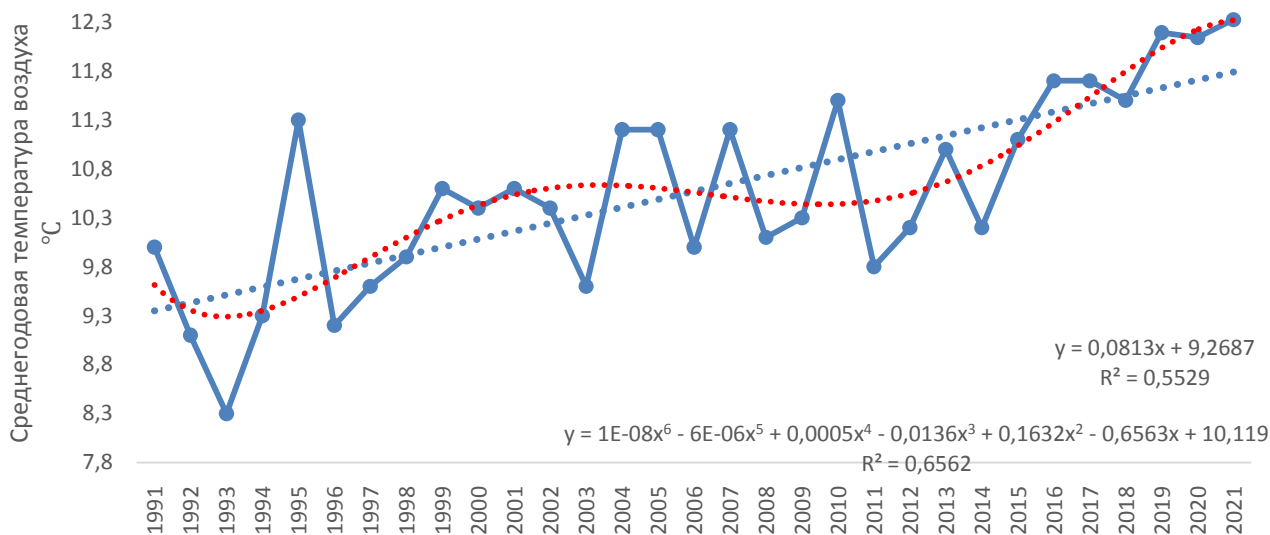


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры воздуха по данным МС Дамчик за 1991-2021 гг.

Примечание: синяя линия с маркерами отражает динамику среднегодовой температуры воздуха, пунктирные линии синего и красного цветов – линейные и полиномиальные тренды, соответственно.

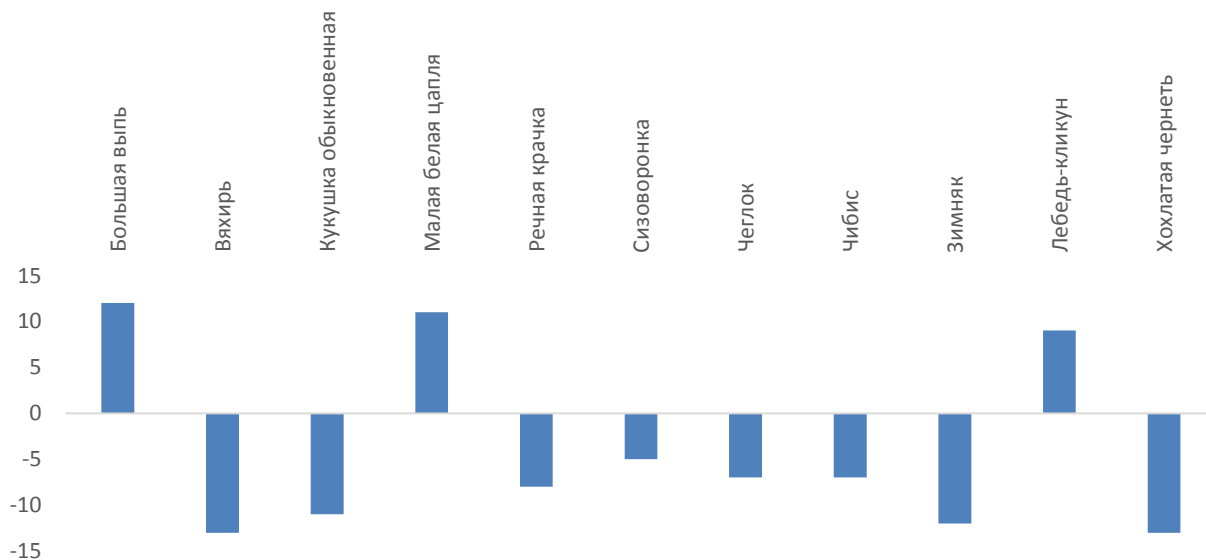


Рис. 2. Динамика смещения сроков прилёта птиц в Астраханский заповедник по данным Летописи природы за 1951-2021 гг.

Для исследования влияния засушливых явлений на сроки появления птиц в Астраханском заповеднике были выбраны сизоворонка (*Coracias garrulus*) и кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*). Согласно Летописи природы, справочнику по птицам, а также на основании анализа многолетних данных о сроках начала миграций, полученных из орнитологических исследований, установлено, что сизоворонка (*Coracias garrulus*) и кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*) появляются при температуре $+15^{\circ}\text{C}$ [5,6,9].

Данные виды – кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*) и сизоворонка (*Coracias garrulus*) – выбраны для анализа, так как время их миграции (начало миграции и активный период в конце мая) совпадает с типичными

засухами в этом регионе. На рисунках 3 и 4 показаны даты прилета птиц и их связь с моментом, когда температура воздуха достигает определенных пороговых значений.

03.июн
24.май
14.май
04.май
24.апр
14.апр
04.апр

Рис. 3. Зависимость сроков прилёта Сизоворонки (*Coracias garrulus*) от дат перехода температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ весной

05.июн
26.май
16.май
06.май
26.апр
16.апр
06.апр
27.мар
17.мар
07.мар

Рис. 4. Зависимость сроков прилёта Кукушки обыкновенной (*Cuculus canorus*) от дат перехода температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ весной

Примечание: синяя линия с маркерами отображает динамику сроков миграций птиц, оранжевая линия с маркерами показывает сроки наступления дат перехода среднемесячной температуры воздуха через $+15^{\circ}\text{C}$ весной за 1991-2022 гг.

За промежуток с 1951 по 2021 год наблюдается общая тенденция к более раннему возвращению определённых видов птиц, что свидетельствует о длительном воздействии климатических изменений на миграционные сроки. Вместе с тем, исследование более короткого периода – с 1991 по 2021 год – показывает иную ситуацию: в этот временной отрезок птицы начинают возвращаться позже – типично на 5 дней для сизоворонки и на 15 дней для обыкновенной кукушки. С определённого момента наблюдается возвращение к более ранним срокам прилёта: у сизоворонки (*Coracias garrulus*) – с 2011 года, а у кукушки обыкновенной – с 2010 года.

Сизоворонка (*Coracias garrulus*) и кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*) в Астраханском заповеднике имеют различные источники пищи и характер взаимодействия с растительным миром. Сизоворонка (*Coracias garrulus*) в основном питается насекомыми, но растительность также имеет значимое значение в её жизни. Её кормовая база включает крупных насекомых. Сизоворонки возвращаются в конце апреля – начале мая. Этот процесс не зависит от роста растений, а связан с повышением температуры и массовым появлением

насекомых. Тем не менее, развитие растительности выступает косвенным показателем хороших условий: распускание листьев и укоренение трав свидетельствует о начале тёплого времени года и увеличении активности насекомых [6].

Кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*) – в основном насекомоядный вид, который питается гусеницами, кузнечиками, жуками и порой семенами. Связь кукушки обыкновенной (*Cuculus canorus*) с растительностью косвенная, но важная: разнообразная древесная и кустарниковая растительность создает среду обитания для насекомых, которыми она питается, а также создает подходящие условия для гнездового паразитизма – плотные заросли облегчают нахождение гнёзд птиц-хозяев (таких как камышовки и славки), в которые кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*) откладывает свои яйца. Таким образом, развитие растительности влияет как на пищевые ресурсы, так и на репродуктивные успешности этого вида [6].

Также кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*) и сизоворонка (*Coracias garrulus*) были выбраны, так как они гнездятся на территории Астраханского заповедника. В связи с этим влияние засух на данные виды становится более ощутимым – особенно весной и летом, когда происходит гнездование и кормление молодняка: нехватка воды может негативно сказаться на пищевой базе, сократить количество источников воды, ухудшить условия для гнездования и снизить шансы на выживание птенцов. Поэтому оценивать влияние засухи целесообразнее для гнездящихся птиц, а не для тех, кто зимует [9,10].

Ранние появления кукушки обыкновенной (*Cuculus canorus*) зафиксированы 15 марта 1994 года, 18 марта 2017 года и 12 марта 2020 года. В марте в заповеднике температура воздуха в среднем была 2,9 °С. Поздние возвращения наблюдались 28 мая 2010 года и 5 мая 1996 года. В другие годы птица прибывала в привычные сроки – 19 апреля, когда средняя температура в это время года составляла 10,7 °С.

Ранний прилет сизоворонки (*Coracias garrulus*) был зарегистрирован 6 апреля 1992 года и 12 апреля 2017 года. В апреле средняя температура составила 10,7 °С. Более поздние сроки были зафиксированы 7 мая 2014 года и 14 мая 2019 года. В этот период температура в среднем достигала +18 °С.

Полученные изображения индекса растительности (NDVI) представлены на рисунке 5.

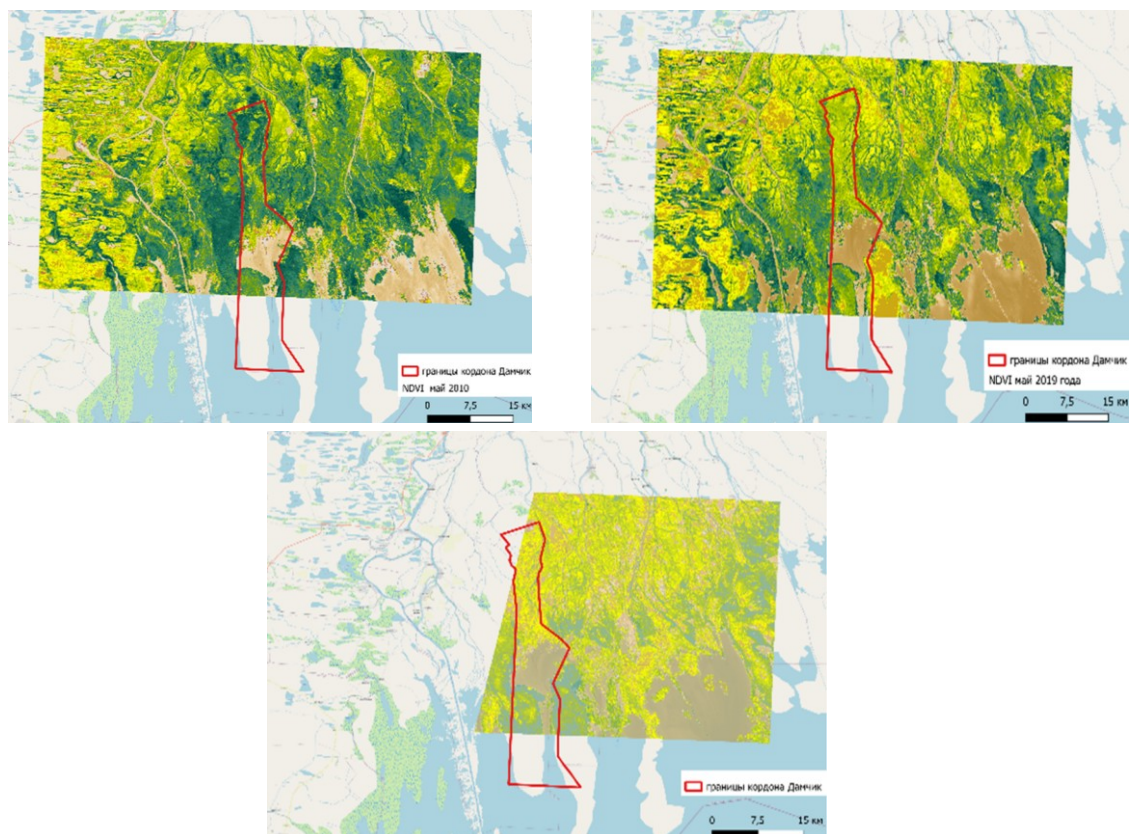


Рис. 5. Индекс NDVI в период массовой миграции птиц (более поздние сроки): 2010, 2019, 2021 гг.

Анализ снимков показал, что состояние околотовной растительности различается по годам: в 2010 году околотовная растительность в хорошем состоянии; в 2019 году состояние растительности хуже, удовлетворительное лишь в отдельных местах; в 2021 году растительность в угнетённом состоянии, за исключением южных районов с выходом к воде.

В акватории Астраханского заповедника, в частности на участке авандельты кордона Дамчик, фиксируется высокая плотность околотовных птиц, включая обыкновенную кукушку (*Cuculus canorus*) и сизоворонку (*Coracias garrulus*), которые устраивают гнезда в зарослях камыша и тростника. Ключевую роль для их выживания играет свежая растительность, обеспечивающая кормом насекомых – основу рациона этих пернатых. Исследование спутниковых данных в период миграции продемонстрировало, что засуха непосредственно в зоне гнездования не диктует сроки прилета: весной вегетация находится в стадии развития, а при позднем прибытии птицы находят благоприятные условия лишь у водоемов, тогда как остальная территория остается угнетенной. Однако связь между климатическими условиями и миграцией прослеживается в районах зимовок – странах Северной Африки и Ближнего Востока (Египет, Ливия, Судан, Турция, Саудовская Аравия). С использованием инструмента Trends.Earth и стандартизированного индекса осадков (SPI) была проанализирована ситуация за 2000–2020 годы, что позволило построить карту интенсивности засухи (рис. 6). Анализ выявил, что в 2013 и 2020 годах, когда птицы прибывали раньше установленного срока, в местах зимовки наблюдались экстремальные и сильные засухи. Эти условия вызвали нехватку корма, что вынудило птиц ускорить отлет. До 2013 года миграция протекала в более поздние сроки, но затем сместилась на ранние даты, что коррелирует с общим ростом засушливости. Следовательно, доказано, что график миграционных перемещений формируется под влиянием засухи в местах зимовки, тогда как богатая кормовая база Астраханского заповедника, включающая лотосы, не оказывает прямого воздействия на сроки прилета птиц.

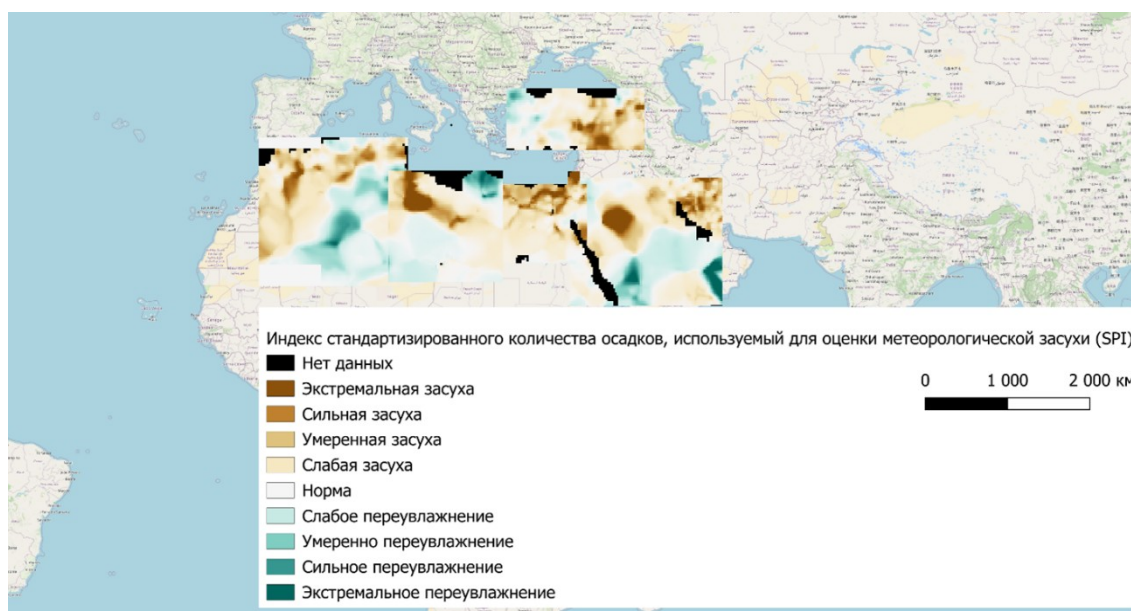


Рис. 6. Оценка состояния территорий в период засух в местах зимовок исследуемых видов птиц

Заключение

Проведённое исследование свидетельствует о том, что сроки возвращения пернатых, в большей степени, не зависят от засушливых условий в районах гнездования. Ключевую роль играет обстановка в местах зимовок: нехватка пищи из-за засухи вынуждает птиц ускорять отлёт, даже если кормовая база в местах размножения ещё не восстановлена. Особенно выделяется период 2013–2020 годов, демонстрируя, что ранний прилёт всегда совпадал с сильными засухами в местах зимовок. До 2013 года птицы возвращались позже, а после этого года сроки значительно сократились, что коррелирует с ростом частоты и интенсивности засух. Несмотря на сложные климатические условия, Астраханский заповедник продолжает оставаться для птиц

«островком спасения», благодаря обилию корма в любой сезон. Таким образом, засушливость мест зимовки является главным фактором, стимулирующим более раннее начало миграции.

Список литературы

1. Арцишевский, М.Ю. Геоинформационные системы и пространственный анализ / М.Ю. Арцишевский, А.В. Шинкарев. – М.: Академия, 2009. – 352 с.
2. Дементьев, В.А. Использование нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) для мониторинга растительности / В.А. Дементьев, Е.В. Смирнова // Землеустройство, кадастр и землепользование. – 2017. – № 5. – С. 78–85.
3. Изменения сроков миграций птиц в связи с глобальным потеплением / А.И. Рустамов // Орнитология. – 2015. – Вып. 36. – С. 115–121.
4. Козлов, А.В. Миграции птиц в Азии: обзор современных исследований / А.В. Козлов, С.В. Волков // Азиатский вестник орнитологии. – 2018. – Т. 9, № 1. – С. 3–15.
5. Летопись природы Астраханского заповедника: ежегодное издание. – Астрахань, 1951–2021.
6. Соколов, Л.В. Климат в жизни растений и животных / Л.В. Соколов. – Санкт-Петербург: ТЕССА, 2010. – 344 с.
7. Соколов, П.А. Применение ГИС и методов дистанционного зондирования для оценки состояния растительности / П.А. Соколов, О.В. Смирнова // Геоматика. – 2016. – № 4. – С. 45–52.
8. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: общее резюме. – СПб.: Научно-технологические, 2022. – 124 с.
9. Фокин, С.А. Влияние климатических факторов на численность и распределение перелетных птиц / С.А. Фокин // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. – 2018. – № 3. – С. 45–52.
10. Волков, И.С. Влияние засух на кормовую базу околоводных птиц в дельте Волги / И.С. Волков, К.П. Иванов // Вопросы экологии. – 2020. – Т. 15, № 2. – С. 88–95.
11. Гидрометцентр России. – URL: <http://meteo.ru/data/adverse-weather-conditions/> (дата обращения: 10.03.2026).
12. Trends.Earth: руководство пользователя. – URL: https://docs.trends.earth/ru/latest/for_users/training/landdegradation.html (дата обращения: 08.03.2026).

BRIEF INFORMATION

Candidate of Geographical Sciences, Assoc. **E.A.Dronova**
 Master's degree by **A.A.Galimova**
 Russian State Agrarian University – MTTA after named K.A.Timiryazev

ANALYSIS OF THE IMPACT OF DROUGHTS ON BIRD MIGRATION STRATEGIES USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

*Within the framework of this scientific study, the problem of the impact of unfavorable agrometeorological arid phenomena on the timing of bird migrations is actualized by analyzing trophic availability within the boundaries of the Astrakhan Nature Reserve. The main task of the work was to determine the patterns of the influence of drought on the vegetation cover and the migration processes of avifauna against the background of climatic transformations. The methodological framework was based on advanced geoinformation analysis technologies, in particular, the use of the Trends software module. Earth in the QGIS environment and the processing of Landsat 7-8 satellite data. The normalized vegetation index (NDVI) served as a key indicator of the level of aridity. The object of the study was the manifestations of drought in the study area in the chronological period from 1991 to 2022 on the migration of the following bird species: the blue-lark (*Coracias garrulus*) and the common cuckoo (*Cuculus canorus*). The processing was carried out on the basis of cartographic materials prepared for 1991, 2001, 2011 and 2021, followed by their comparison with migration schedules of key bird species. The data obtained confirmed the existence of a pronounced correlation between the intensity of drought and the migration strategies of birds. It has been established that droughts have a multifactorial effect: direct, through a change in the timing of migrations, and indirect, through the degradation of the forage resource. The practical value of the study lies in the possibility of applying the results obtained to predict shifts in the structure of avifauna and to develop strategies for the conservation of biodiversity in a changing climate. The work highlights the need for an integrated approach to studying the effects of drought on ecosystems. The scientific novelty lies in the use of modern GIS technologies to assess the impact of droughts on avifauna through the prism of the state of the food supply.*

Keywords: drought, avifauna, food supply, Astrakhan Nature Reserve, geoinformation analysis, NDVI (normalized difference vegetation index), climate change, bird migration, vegetation cover, satellite images.

For citation: Dronova, E. A. Analysis of the impact of droughts on birds' migration strategies using geographic information systems / E. A. Dronova, A. A. Galimova. – Text: direct // Hydrometeorology and Education. – 2026. – No. 3(27). – Pp. 60-67.

Дата поступления рукописи в редакцию – 02.03.2026

Date of manuscript receipt by the editors – 02.03.2026

Дата принятия рукописи в печать – 26.08.2026

Date of manuscript acceptance for publication – 26.08.2026