



Картографирование трансграничных болезней в Казахстане с применением ГИС-технологий

Н.М. Раметов^{1,2}✉, К.К. Табынов³, Ж.Дж. Байгурин¹

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алма-Ата, Казахстан

² Институт ионосферы, Алма-Ата, Казахстан

³ Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алма-Ата, Казахстан

✉ nurkuisa.rametov@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ Раметов Н.М., Табынов К.К., Байгурин Ж.Дж. Картографирование трансграничных болезней в Казахстане с применением ГИС-технологий // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2025. Т. 69. № 3. С. 94–108. DOI:10.30533/GiA-2025-047.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА картография, ГИС, эпидемиология, пространственный анализ, трансграничные заболевания, Казахстан, геомониторинг

АННОТАЦИЯ В современном мире распространение трансграничных заболеваний представляет серьезную угрозу для общественного здравоохранения, особенно в регионах с высокой миграционной активностью и сложными природными условиями. В данном исследовании использованы геоинформационные технологии для картографирования трансграничных болезней в Казахстане. Рассматриваются кейсы с нодулярным дерматитом (2016 г.) и оспой верблюдов (2018–2019 гг.), области исследования находятся в Атырауской, Мангистауской областях Казахстана и прилегающих областях России и Туркменистана. Данные были собраны из официальных источников, включая отчеты Всемирной организации охраны здоровья животных (*англ.* World Organization for Animal Health, WOAH), Научно-исследовательского института проблем биологической безопасности (НИИПББ), а также региональных ветеринарных служб. Дополнительно проанализированы новостные публикации и социальные медиа для выявления неподтвержденных случаев. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности ГИС-технологий в эпидемиологическом мониторинге и планировании противоэпидемических мероприятий. Выводы статьи могут быть полезны для органов здравоохранения, научных учреждений и специалистов в области эпидемиологии и геоинформатики.

1 Введение

Трансграничные заболевания представляют серьезную угрозу для эпидемиологической безопасности Казахстана, учитывая его стратегическое географическое положение, протяженные границы и активные торгово-экономические связи с соседними странами. Казахстан граничит с Россией, Китаем, Киргизией, Узбекистаном и Туркменистаном, что создает риски неконтролируемого распространения инфекционных заболеваний через миграционные потоки, транспортные коридоры и передвижение животных.

В последние годы наблюдается рост случаев зоонозных (бруцеллез, сибирская язва, бешенство), векторных (лихорадка Западного Нила, клещевой энцефалит) и респираторных (туберкулез, грипп, COVID-19) инфекций, что требует эффективных методов мониторинга и контроля [1]. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют анализировать пространственно-временные закономерности распространения болезней, выявлять эпидемиологические очаги, оценивать влияние климатических и экологических факторов, а также прогнозировать вспышки заболеваний [2].

Наиболее востребованными для эпидемиологического мониторинга являются следующие ГИС:

- ArcGIS, QGIS, Eri Info — для пространственного анализа и картографирования вспышек заболеваний [3];
- Google Earth Engine — для обработки спутниковых данных и оценки изменений окружающей среды [4];
- HealthMap, GIDEON — специализированные платформы для моделирования эпидемиологических процессов и отслеживания инфекций в реальном времени [5].

Внедрение ГИС-технологий в систему эпидемиологического мониторинга Казахстана способствует повышению эффективности профилактических мер, оптимизации ресурсов здравоохранения и снижению рисков распространения трансграничных инфекций.

Оспа верблюдов и нодулярный дерматит были выбраны в качестве модельных трансграничных заболеваний, поскольку они представляют существенную эпидемиологическую и экономическую угрозу для животноводства Казахстана [6]. Оспа верблюдов создает особую опасность для Западного Казахстана в связи с высокой концентрацией поголовья верблюдов и их важностью для местного сельского хозяйства, а также из-за тесных миграционных и торговых связей со странами Центральной Азии. Нодулярный дерматит представляет серьезную угрозу для крупного рогатого скота, отличается высокой заразностью и быстрым распространением через границы, что обусловлено интенсивными торговыми потоками, транспортными коридорами и перемещением животных между соседними странами [7]. Изучение этих болезней с применением ГИС позволяет продемонстрировать преимущества такого подхода в мониторинге рисков трансграничного распространения инфекций и управлении этими рисками, а также эффективно планировать профилактические мероприятия и оптимизировать меры ветеринарного контроля.

Несмотря на растущий интерес к ГИС-технологиям, систематические исследования по картографированию трансграничных заболеваний в Казахстане ограничены, что подчеркивает актуальность настоящей работы.

Таким образом, исследование применения ГИС в картографировании трансграничных болезней является актуальной задачей для повышения эпидемиологической безопасности Казахстана, минимизации экономического ущерба и защиты здоровья населения. В настоящей статье представлены результаты картографирования оспы верблюдов и нодулярного дерматита в Западном Казахстане, выбранных в качестве модельных заболеваний ввиду их значительного распространения и экономического воздействия на регион. Целью работы является демонстрация эффективности ГИС-картографирования для мониторинга эпидемической ситуации, разработки превентивных стратегий и оптимизации ветеринарных мероприятий. Новизна исследования заключается

в интеграции данных дистанционного зондирования Земли и эпидемиологических наблюдений для выявления закономерностей распространения инфекций и оценки риска.

2 Материалы и методы

2.1 Область исследования

Исследование охватывает территории Атырауской и Мангыстауской областей Казахстана, где действует ряд факторов, способствующих распространению трансграничных заболеваний. Для этих регионов (рис. 1) характерны сухой и полупустынный климат, развитая нефтегазовая промышленность, активные миграционные процессы среди населения, торговля сельскохозяйственными животными.

Рис. 1  Область исследования. Базовый слой карты Sentinel-2, 10 м, LULC
Fig. 1 Study area. Base layer of Sentinel-2 map, 10 meters, LULC

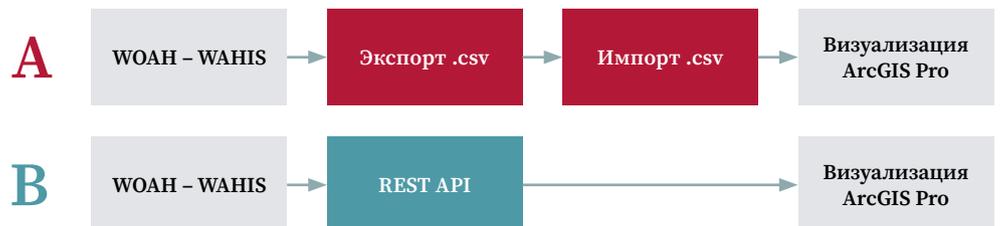


2.2 Сбор данных

2.2.1 Нодулярный дерматит

В исследовании используется импорт данных Всемирной организации охраны здоровья животных (*англ.* World Organisation for Animal Health, WOAH) о трансграничных заболеваниях из Всемирной системы информации о здоровье животных (*англ.* World Animal Health Information System, WAHIS). Эти данные включают отчеты о вспышках болезней, эпизоотическую ситуацию, маршруты распространения инфекций и другие параметры, полезные для пространственного анализа. Для нодулярного дерматита рассматривается летний период 2016 года.

Рис. 2  Методы сбора данных
Fig. 2 Data collection methods



На рис. 2 показаны два типа сбора данных. Первый метод (А) предполагает использование стандартного фильтра работы с файлами CSV/Excel (выбрать страну, диапазон дат, вид животного и название болезни). Затем производится импорт файла в ArcGIS Pro “Add Data”. Для отображения географических координат (широта — Latitude, долгота — Longitude) использовали инструмент

Display XY Data (Data management). Второй метод (B) описан в статье [8]: прямое подключение из программной среды ArcGIS Pro с использованием REST API после запроса на базу, затем сохранение локально в шейп-формате для дальнейшего анализа данных.

Для визуализации плотности ядра был использован инструмент Kernel Density, далее с применением Reclassify (Spatial Analysis) оно было разделено на три класса. Для сглаживания была использована билинейная интерполяция (англ. Bilinear interpolation).

2.2.2 Оспа верблюдов

Для оперативного мониторинга и выявления вспышек трансграничных заболеваний были использованы новостные источники (Radio Azattyk), официальные сайты и агрегаторы данных типа ProMED / HealthMap [9]. Этот метод дополняет официальные отчеты и позволяет отслеживать неформальные сообщения о заболеваемости, особенно в удаленных районах¹. Для оспы верблюдов рассматривался период с октября 2018 года по ноябрь 2019 года. Дополнительно была создана карта плотности популяции верблюдов для оценки пространственной корреляции между численностью животных и очагами вспышек заболевания.

2.3 Картографирование

Картографические выходные данные были разработаны с соблюдением принципов тематической ясности и визуальной иерархии². Динамические элементы карты (например, масштабные линейки, легенды) были стандартизированы по всем макетам, а символы были адаптированы для выделения ключевых пространственных закономерностей, таких как градиенты в экологических метриках или плотность инфраструктуры [7, 8, 10, 11]. Используемая система координат — WGS 1984 UTM Zone 39N. Окончательные карты были экспортированы в высоком разрешении (1000 dpi) для публикации.

3 Результаты

3.1 Картографирование: нодулярный дерматит

Пространственный анализ распространения нодулярного дерматита в Атырауской области выявил четкие эпидемиологические очаги в пограничных с Астраханской областью России районах. На основе данных WOAH были построены карты плотности заболеваемости, маршрутов распространения инфекции и летальности среди животных.

Результаты картографирования показали следующее. Первоначально инфекция появилась в Астраханской области, впоследствии она распространилась на территорию Казахстана. Основными очагами вспышки в Казахстане стали населенные пункты Курмангазы, Макаш и Орлы. Главными переносчиками заболевания являются насекомые-кровососы (комары, москиты, мухи), что способствует быстрому распространению инфекции в жаркий летний период.

На рис. 3 представлены маршруты миграции инфекции, реконструированные на основе временных меток подтвержденных случаев заболевания. Красными кругами обозначены данные WOAH, треугольниками — лабораторно

¹ Радио Азатлык: официальный сайт. 30 ноября 2018 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rus.azathabar.com/a/29629833.html> (дата обращения: 05.12.2024).

² Waikar V., Atulkar M., Ahirwal M.K. Basics of Geographic Information System (GIS). BP International, 2024. 137 p.

Рис. 3 
Карта распространения
нодулярного дерматита
(июнь – июль 2016 года)

Fig. 3
Lumpy Skin Disease Distribution
Map (June-July 2016)

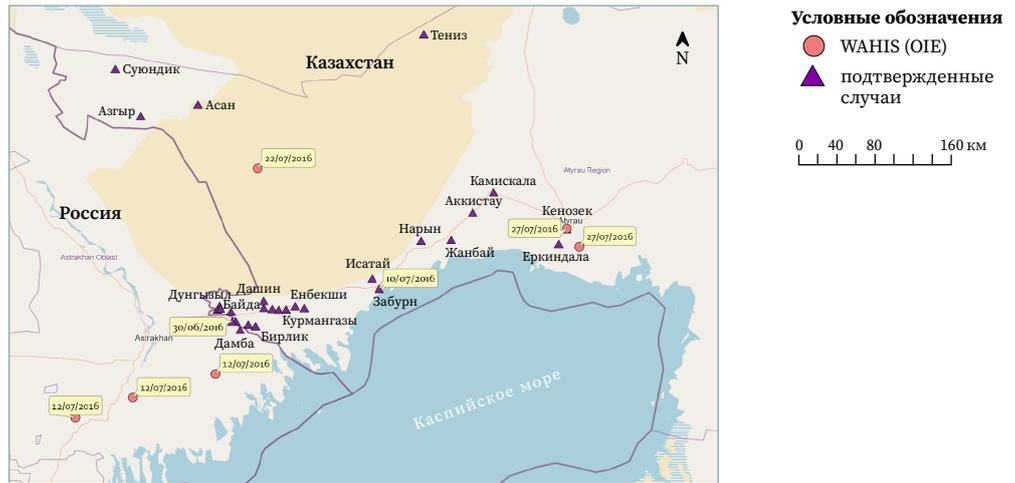
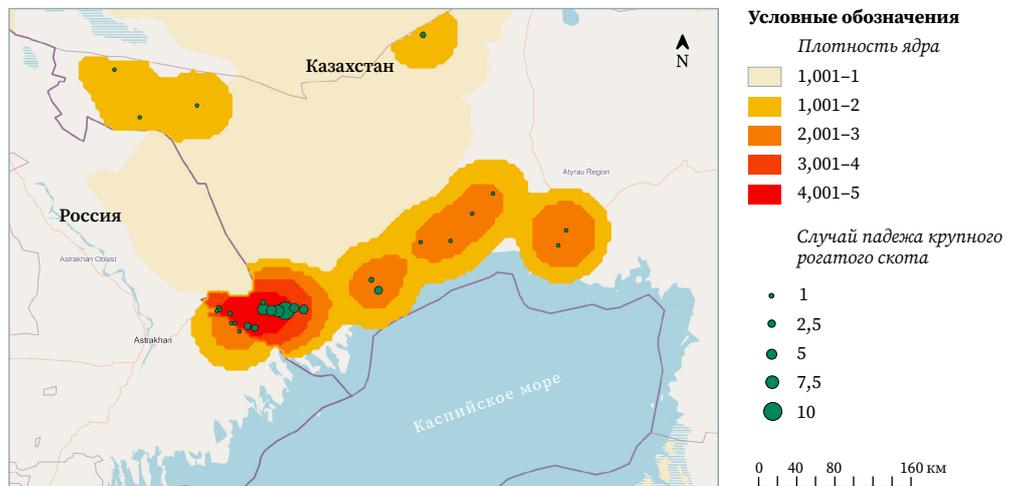


Рис. 4 
Анализ плотности ядра
инфекции нодулярного
дерматита

Fig. 4
Kernel density analysis of lumpy
skin disease core



подтвержденные случаи от Научно-исследовательского института проблем биологической безопасности (НИИПББ).

Пространственный анализ плотности заболевания методом Kernel Density Estimation (рис. 4) показал, что основное эпидемиологическое ядро располагается в районе села Курмангазы, где также зафиксировано наибольшее число смертей среди животных.

Дополнительный анализ плотности восприимчивых животных позволил выделить зоны повышенного риска, где в случае новых вспышек потребуются оперативное вмешательство ветеринарных служб.

Эпицентр заражения находится в районе границы с Астраханской областью (Россия), откуда заболевание распространяется в сторону Казахстана. Вдоль границы между Астраханской и Атырауской областями сформировалось несколько очагов инфекции, что может указывать на возможные пути передачи. Высокая плотность случаев смерти ближе к основному очагу (красная зона) подтверждает активное распространение болезни.

В табл. 1 приведены статистические данные по числу заболевших и погибших животных, а также информация о восприимчивом поголовье и мерах лечения. Наибольшее число пораженных животных зафиксировано в Курмангазинском районе, что подтверждает необходимость усиленного мониторинга на этом участке границы. Из представленных данных следует, что наибольшее количество заболевших (514 случаев) и погибших (32 случая) животных зарегистрировано в селе Курмангазы. При этом наблюдается наибольшее распространение инфекции во множестве соседних населенных пунктов, где зарегистрированы случаи заболевания. В Исатайском районе также зафиксированы случаи заболевания, но их меньше, чем в Курмангазинском районе. В городе Атырау

Таблица 1 

Трекинг распространения нодулярного дерматита в Атырауской области Республики Казахстан

Table 1

Tracking the spread of Lumpy Skin Disease in Atyrau Region, Republic of Kazakhstan

случаи заболевания встречаются реже, но все же зарегистрированы в нескольких населенных пунктах. Общие данные по всем населенным пунктам (табл. 1) показывают, что всего в регионе было 150 смертей, 2828 заболевших и 63 318 восприимчивых животных. Количество выздоровевших составило 591, а прошедших лечение — 2087.

Эти данные использовались для построения карты, на которой показана пространственная плотность случаев заболевания (Kernel Density) и количество смертей (размер кругов).

| Район / город | Населенный пункт | Широта, ° | Долгота, ° | Животные | | | | |
|-----------------|------------------|---------------|---------------|----------|------------|---------------|------------------|-------------------|
| | | | | Умершие | Заболевшие | Восприимчивые | Восстановившиеся | Прошедшие лечение |
| Курмангазинский | Курмангазы | 46,6 | 49,266 666 67 | 32 | 514 | 3558 | 4 | 475 |
| | Жумекен | 46,620 277 78 | 49,349 444 44 | 12 | 192 | 3722 | 120 | 60 |
| | Алга | 46,609 444 44 | 49,436 666 67 | 12 | 250 | 3706 | 146 | 92 |
| | Нуржау | 46,603 611 11 | 49,136 666 67 | 15 | 293 | 1822 | 51 | 227 |
| | Орлы | 46,598 611 11 | 49,196 666 67 | 19 | 244 | 2224 | 28 | 197 |
| | Тениз | 48,35 | 50,55 | 5 | 172 | 1720 | 13 | 154 |
| | Бирлик | 46,491 388 89 | 48,980 277 78 | 7 | 188 | 1296 | 50 | 131 |
| | Хиуаз | 46,610 833 33 | 49,058 333 33 | 17 | 224 | 4207 | 40 | 167 |
| | Бокейхан | 46,585 | 48,752 222 22 | 2 | 46 | 1511 | — | 44 |
| | Кудряшово | 46,521 111 11 | 48,796 666 67 | | 71 | 1498 | 13 | 58 |
| | Акколь | 46,655 | 49,057 222 22 | 3 | 78 | 1762 | 10 | 65 |
| | Сафоновка | 46,501 944 44 | 48,913 333 33 | 8 | 54 | 1357 | 13 | 33 |
| | Жыланды | 46,621 944 44 | 48,643 888 89 | 1 | 56 | 2653 | 9 | 46 |
| | Коптогай | 46,600 555 56 | 48,625 555 56 | | 9 | 837 | 2 | 7 |
| | Шортанбай | 46,606 388 89 | 48,652 777 78 | 1 | 11 | 889 | 6 | 4 |
| | Кигач | 46,520 833 33 | 48,763 055 56 | — | — | 516 | — | — |
| | Асан | 47,907 222 22 | 48,442 777 78 | — | — | 4134 | — | — |
| Азгир | 47,835 277 78 | 47,908 888 89 | — | — | 4298 | — | — | |
| Суюндук | 48,132 222 22 | 47,673 888 89 | — | — | 7204 | — | — | |
| Исатайский | Исатай | 46,798 055 56 | 50,068 611 11 | 3 | 120 | 990 | 32 | 85 |
| | Зинеден | 46,733 333 33 | 50,133 333 33 | 10 | 244 | 1467 | 49 | 185 |
| | Жанбай | 47,048 333 33 | 50,805 277 78 | — | 4 | 2661 | 2 | 2 |
| | Нарын | 47,040 833 33 | 50,525 555 56 | — | 15 | 1808 | 3 | 12 |
| | Аккистау | 47,223 611 11 | 51,006 388 89 | — | 2 | 1658 | — | 2 |
| | Хамита Ергалиева | 47,352 777 78 | 51,200 833 33 | — | 4 | 3502 | — | 4 |
| Атырау | Дамба | 46,468 333 33 | 48,837 777 78 | — | 1 | 164 | — | 1 |
| | Кенозек | 47,116 666 67 | 51,883 333 33 | 3 | 24 | 788 | — | 24 |
| | Еркинкала | 47,021 111 11 | 51,808 055 56 | — | 8 | 685 | — | 8 |
| | Атырау | 47,116 666 67 | 51,883 333 33 | — | 4 | 681 | — | 4 |
| | | | | 150 | 2828 | 63 318 | 591 | 2087 |

3.2 Картографирование: оспа верблюдов

Пространственный анализ случаев оспы верблюдов показал, что инфекция предположительно проникла в Казахстан из Туркменистана в период с октября 2018 года по ноябрь 2019 года. На рис. 5 представлена реконструкция распространения заболевания. Первые случаи были зафиксированы в этрапе Этрек (Туркменистан) в октябре 2018 года. В ноябре 2018 года болезнь распространилась на северо-запад Балканского велаята Туркменистана. В июне 2019 года вспышка зарегистрирована в Мангистауской области Казахстана. В августе 2019 года болезнь распространилась дальше на север, достигнув района Бейнеу. Маршрут распространения заболевания пролегал вдоль побережья Каспийского моря, проходя через пастбищные зоны и пути миграции верблюдов. Направление распространения: с юга (Туркменистан) на север (Казахстан). К вероятным факторам распространения относится миграция верблюдов, т. е. перемещение инфицированных особей между регионами. Торговые пути также являются вероятным фактором (через рынки и скотные дворы). Климатические условия благоприятны для выживания вируса (жаркий и засушливый климат). Пастбищная система содержания способствует передаче вируса (через контакт с зараженными животными).

Карта, представленная на рис. 5, показывает четкую цепочку распространения оспы верблюдов из Туркменистана в Казахстан, что свидетельствует о необходимости мониторинга поголовья, ветеринарного контроля на границах и профилактических мер в регионах, подверженных риску.

Карта, приведенная на рис. 6, демонстрирует плотность (количество голов верблюда на квадратный километр) популяции верблюдов (оттенки синего и зеленого цветов) и случаи заболевания оспой верблюдов (красные точки с указанием месяца и года). Градация плотности составляет от 0,06 (306 голов) до 0,55 (14 551 голов) голов на квадратный километр. Самая высокая плотность (темно-синий цвет) характерна для Тупкараганского (0,55) и Исатайского (0,37) районов в западной части региона исследования (Атырауская и Мангистауская области). Наименьшая плотность (светло-зеленые зоны) наблюдается в Атырауской области и южных районах — Мангистауском, Бейнеуском (отмечены красными точками с указанием месяца и года).

Зафиксированы случаи оспы верблюдов (табл. 2) в июне, августе и ноябре 2019 года. Очаги заболевания располагаются в регионах со средней и высокой плотностью популяции верблюдов [12]. Высокая плотность может коррелировать с очагами вспышек оспы. Возможно, это связано с тесным контактом животных, что способствует распространению вируса.

Таблица 2 
Временная и пространственная динамика распространения оспы верблюдов, включая координаты зафиксированных случаев

Table 2
Temporal and spatial dynamics of the spread of camelpox, including the coordinates of recorded cases

| Период | Локация | Широта, м | Долгота, м |
|-----------------|---------------------------------|---------------|---------------|
| Июнь 2019 г. | Каракиянский район, Казахстан | 5 981 107,482 | 5 231 736,86 |
| Август 2019 г. | Мангистауский район, Казахстан | 5 931 007,313 | 5 449 192,916 |
| Август 2019 г. | Мунайлинский район, Казахстан | 5 761 519,505 | 5 401 224,668 |
| Ноябрь 2019 г. | Тупкараганский район, Казахстан | 5 681 572,426 | 5 497 161,163 |
| Ноябрь 2018 г. | Балканабад, Туркменистан | 6 051 321,477 | 4 795 981,965 |
| Ноябрь 2018 г. | Мадав, Туркменистан | 6 094 187,157 | 4 599 033,705 |
| Октябрь 2018 г. | Эртек, Туркменистан | 6 095 975,767 | 4 531 786,231 |

Рис. 5

Распространение оспы верблюдов с территории Туркменистана на Мангистаускую область Казахстана в 2018–2019 гг.

Fig. 5

Spread of camel pox from Turkmenistan to the Mangistau region of Kazakhstan in the period from 2018 to 2019



Условные обозначения
 Оспа верблюдов

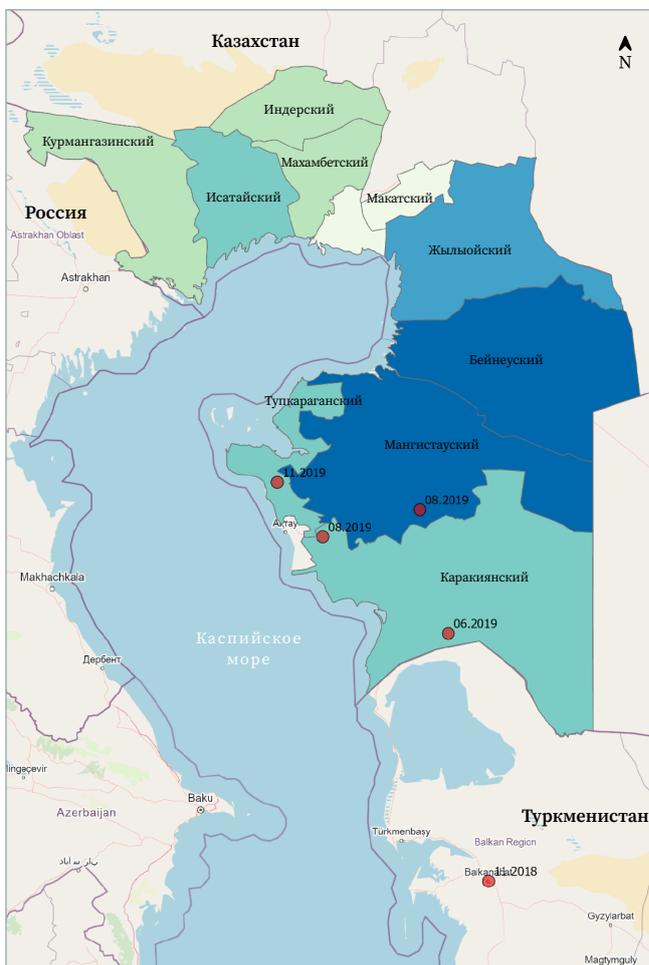
0 95 190 380 км

Рис. 6

Плотность популяции верблюдов

Fig. 6

Camel population density



Условные обозначения
 Плотность популяции верблюдов, голов на км²

- 306–520
- 520–4307
- 4307–6124
- 6124–7955
- 7955–14 551

Оспа верблюдов

0 85 170 340 км

4 Обсуждение

Трансграничные заболевания животных характеризуются высокой заразностью и способностью быстро преодолевать государственные границы, что делает их мониторинг и контроль сложными задачами [13]. Урбанизация, вырубка лесов, климатические изменения, рост населения, увеличение мобильности людей и развитие животноводства приводят к тому, что животные все чаще обитают рядом с человеком. В результате зоонозные инфекции передаются людям с возрастающей частотой и могут распространяться в течение нескольких часов или дней. ГИС играют ключевую роль в мониторинге трансграничных заболеваний, таких как нодулярный дерматит [14], ящур, бруцеллез и птичий

грипп, и управлении ими [15]. Эти болезни распространяются между странами через миграцию животных, торговлю скотом, антропогенные перемещения, под влиянием климатических факторов. К преимуществам картографирования трансграничных заболеваний относятся выявление и прогнозирование очагов распространения. Картографический анализ позволяет определить зоны риска, горячие точки вспышек и оценить влияние природных и социальных факторов на распространение болезни [16].

В последние десятилетия глобализация, урбанизация, изменения климата и интенсификация животноводства привели к увеличению частоты вспышек инфекций, передающихся между странами [14]. В данном исследовании показано, что применение геоинформационных систем существенно повышает эффективность выявления, прогнозирования и контроля трансграничных заболеваний, таких как нодулярный дерматит и оспа верблюдов.

Результаты картографирования показали, что очаги нодулярного дерматита концентрируются в пограничных с Россией районах [17], что указывает на необходимость межгосударственного обмена данными. Анализ плотности случаев заболевания выявил основные зоны риска в Курмангазинском районе, где пересечение транспортных коридоров и природные факторы способствуют активному распространению инфекции [15].

Случаи оспы верблюдов продемонстрировали важность мониторинга неофициальных источников информации. Анализ данных СМИ и социальных медиа позволил выявить угрозу в Туркменистане еще до ее официального подтверждения в Казахстане. Это доказывает, что дополнение традиционных методов сбора данных альтернативными источниками может значительно повысить оперативность реагирования ветеринарных служб.

ГИС-технологии позволяют не только анализировать прошлые вспышки заболеваний, но и разрабатывать предиктивные модели для оценки будущих рисков. Например, использование многослойного анализа (эпидемиологические, метеорологические, демографические данные) дает возможность определить территории с наибольшей вероятностью новых вспышек. Применение картографического моделирования помогает определить оптимальные маршруты вакцинации и карантинных зон, снижая риски дальнейшего распространения инфекции. Данные о плотности поголовья восприимчивых животных в сочетании с климатическими параметрами [18] могут использоваться для сезонного прогнозирования вспышек, что особенно актуально в отношении инфекций, передающихся через насекомых [16].

Результаты исследования подчеркивают необходимость усиления международного обмена данными о трансграничных заболеваниях. Казахстан, Россия и Туркменистан могли бы разработать единую ГИС-платформу [19], в которой бы оперативно обновлялись сведения о вспышках болезней. Это позволило бы скоординировать усилия по борьбе с инфекциями, улучшить контроль за миграцией животных и снизить экономические потери. Кроме того, внедрение инициатив ООН и ФАО в рамках концепции «Единое здоровье» (*англ.* One Health) может способствовать эффективной борьбе с трансграничными инфекциями [20]. Например, программы Чрезвычайного центра по трансграничным заболеваниям животных (*англ.* Emergency Centre for Transboundary Animal Diseases, ECTAD) ежегодно предотвращают более 400 вспышек приоритетных болезней по всему миру.

В целом сопоставление полученных результатов с данными зарубежных исследований подчеркивает, что аналогичные маршруты распространения нодулярного дерматита наблюдаются не только в Казахстане, но и в других регионах с интенсивными трансграничными миграционными процессами. Применение ГИС-технологий в данном исследовании демонстрирует высокую эффективность в выявлении и прогнозировании зон риска, что соответствует мировым трендам в эпидемиологическом мониторинге [7, 14, 17]. Такой сравнительный анализ усиливает научную значимость работы и открывает перспективы для дальнейшей интеграции данных из различных источников с целью повышения эпидемиологической безопасности в Центральной Азии.

5 Выводы

Применение ГИС в мониторинге трансграничных заболеваний в Казахстане продемонстрировало высокую эффективность. Геоинформационные системы позволили выявить пространственно-временные закономерности распространения инфекций, оценить зоны риска и поддержать решения, принимаемые ветеринарными службами. Детализированный анализ маршрутов распространения показал, что основными эпидемиологическими очагами нодулярного дерматита являются пограничные с Россией районы, где высок риск проникновения инфекции через миграцию скота и насекомых-переносчиков. Вспышка оспы верблюдов подчеркнула значимость использования альтернативных источников информации (новостные публикации, социальные медиа) для раннего выявления угроз.

Методика ГИС-анализа, включающая использование Kernel Density Estimation и многослойного анализа данных (эпидемиологических, климатических, демографических), позволила выделить зоны наибольшего риска, совпадающие с регионами высокой плотности восприимчивого поголовья. Картографирование маршрутов миграции выявило ключевые транспортные коридоры, способствующие распространению инфекций. Пространственный анализ указал на критические точки, где необходимы профилактические меры, включая усиление контроля за миграцией скота и ужесточение ветеринарных проверок (в частности, в Курмангазинском районе и Мангистауской области). ГИС-картографирование может служить основой для разработки стратегий кольцевой вакцинации и определения оптимальных зон карантина.

Представляется целесообразным создание единой цифровой платформы мониторинга трансграничных инфекций в Центральной Азии, обеспечивающей эффективный обмен данными между странами. Казахстан, Россия и Туркменистан могут использовать совместную ГИС-систему, интегрированную с базами данных ВОАН и национальными ветеринарными службами.

Практическая значимость исследования заключается в универсальности предложенной методологии: она может быть применена для мониторинга других трансграничных заболеваний, таких как бруцеллез, ящур, птичий грипп. Использование ГИС для прогнозирования вспышек способствует снижению экономических потерь и повышению эпидемиологической безопасности. Полученные результаты могут стать основой для разработки автоматизированных систем раннего предупреждения на базе машинного обучения и анализа больших данных.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку интерактивных ГИС-платформ для визуализации эпидемиологических рисков в реальном времени, а также на использование спутниковых данных и дистанционного зондирования Земли для анализа влияния климатических факторов. Важным направлением также является интеграция ГИС с мобильными приложениями, обеспечивающими мониторинг вспышек и оперативное оповещение ветеринарных служб.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят коллектив Зональной диагностической лаборатории НИИПБВ за техническую поддержку, предоставление эпидемиологических данных и содействие в организации полевых исследований. Профессионализм и научная экспертиза сотрудников лаборатории значительно повлияли на качество и результаты данной работы.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Sharma B., Agrawal I. Surveillance of Veterinary and Human Health in Pertaining Risk Analysis of Zoonoses Throughout the Globe // *The Handbook of Zoonotic Diseases of Goats* / T. Rana (ed.). CAB International, 2024. P. 66–82.
2. José Becerra M., Araujo Bernardino Da Rocha M. Applications of Geotechnologies in the Field of Public Health // *Geographic Information Systems – Data Science Approach* / R. Abdalla (ed.). IntechOpen, 2024. P. 185–211. DOI:10.5772/intechopen.1003867.
3. Azewan M.D.H., Abdul Rasam A.R. Disease Mapping and Health Analysis Using Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G): An Exploratory Qualitative Study

- of Tuberculosis // Charting the Sustainable Future of ASEAN in Science and Technology / N.Z. Alias, R. Yusof (ed.). Singapore: Springer Singapore, 2020. P. 495–506. DOI:10.1007/978-981-15-3434-8_43.
4. Monir N., Abdul Rasam A., Ghazali R., et al. Address Geocoding Services in Geospatial-based Epidemiological Analysis: A Comparative Reliability for Domestic Disease Mapping // International Journal of Geoinformatics. 2021. Vol. 17. No. 5. P. 156–166. DOI:10.52939/ijg.v17i5.2029.
 5. Edberg S.C. Global Infectious Diseases and Epidemiology Network (GIDEON): A World Wide Web-Based Program for Diagnosis and Informatics in Infectious Diseases // Clinical Infectious Diseases. 2005. Vol. 40. No. 1. P. 123–126. DOI:10.1086/426549.
 6. Пунтус И.А., Бабак В.А. Нодулярный дерматит (обзор) // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Биологические науки. 2021. Т. 134. № 1. С. 46–59. DOI:10.32523/2616-7034-2021-134-1-46-59.
 7. Tuppurainen E.S.M., Oora C.A.L. Review: Lumpy Skin Disease: An Emerging Threat to Europe, the Middle East and Asia: Emerging Lumpy Skin Disease // Transboundary and Emerging Diseases. 2012. Vol. 59. No. 1. P. 40–48. DOI:10.1111/j.1865-1682.2011.01242.x.
 8. Leray L.S.G., Ward M.P. Web-scraping applied to acquire difficult to access animal disease outbreak information, using African Swine Fever in Europe as an example // Transboundary and Emerging Diseases. 2021. Vol. 68. No. 5. P. 2795–2805. DOI:10.1111/tbed.14133.
 9. Freifeld C.C., Mandl K.D., Reis B.Y., et al. HealthMap: Global Infectious Disease Monitoring through Automated Classification and Visualization of Internet Media Reports // Journal of the American Medical Informatics Association. 2008. Vol. 15. No. 2. P. 150–157. DOI:10.1197/jamia.M2544.
 10. Justová P., Cajthaml J. Cartographic Design and Processing of Originally Printed Historical Maps for Their Presentation on the Web // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2023. Vol. 12. No. 6. P. 230. DOI:10.3390/ijgi12060230.
 11. Nelson J.K. Cartography & geovisual analytics in personal contexts: designing for the data creator // International Journal of Cartography. 2023. Vol. 9. No. 2. P. 210–230. DOI:10.1080/23729333.2023.2189431.
 12. Bulatov Y., Turyskeldy Sh., Abitayev R., et al. Camel痘 Virus in Western Kazakhstan: Assessment of the Role of Local Fauna as Reservoirs of Infection // Viruses. 2024. Vol. 16. No. 10. P. 1626. DOI:10.3390/v16101626.
 13. Singh S. Transboundary, Emerging, and Exotic Diseases of Goats // Principles of Goat Disease and Prevention / T. Rana (ed.). Hoboken: Wiley Blackwell, 2023. P. 137–154. DOI:10.1002/9781119896142.ch11.
 14. Moudgil G., Chadha J., Khullar L., et al. Lumpy skin disease: Insights into current status and geographical expansion of a transboundary viral disease // Microbial pathogenesis. 2024. Vol. 186. P. 106485. DOI:10.1016/j.micpath.2023.106485.
 15. Зарва И.Д., Павлов М.В., Сороковой А.А. и др. Применение ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли для оценки пространственно-временного распространения бешенства в Восточном Забайкалье // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. Т. 2. С. 100–107. DOI:10.21055/0370-1069-2021-2-100-107.
 16. Kiani B., Lau C., Bergquist R. From Snow's map of cholera transmission to dynamic catchment boundary delineation: current front lines in spatial analysis // Geospatial Health. 2023. Vol. 18. No. 2. P. 1–12. DOI:10.4081/gh.2023.1247.
 17. Byadovskaya O., Prutnikov P., Shalina K. The changing epidemiology of lumpy skin disease in Russia since the first introduction from 2015 to 2020 // Transboundary and Emerging Diseases. 2022. Vol. 69. No. 5. P. 2551–2562. DOI:10.1111/tbed.14599.
 18. Liao H., Lyon C.J., Ying B., et al. Climate change, its impact on emerging infectious diseases and new technologies to combat the challenge // Emerging Microbes and Infections. 2024. Vol. 13. No. 1. P. 2356143. DOI:10.1080/22221751.2024.2356143.
 19. Carroll L.N., Au A.P., Detwiler L.T., et al. Visualization and analytics tools for infectious disease epidemiology: A systematic review // Journal of Biomedical Informatics. 2014. Vol. 51. P. 287–298. DOI:10.1016/j.jbi.2014.04.006.
 20. Iannetti S., Savini L., Palma D. An integrated web system to support veterinary activities in Italy for the management of information in epidemic emergencies // Preventive Veterinary Medicine. 2014. Vol. 113. No. 4. P. 407–416. DOI:10.1016/j.prevetmed.2014.01.015.

АВТОРЫ **Раметов Нуркуйса Мирзабекович**

Институт ионосферы, Алма-Ата, Казахстан;
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алма-Ата, Казахстан
кафедра маркшейдерского дела и геодезии, Горно-металлургический институт
имени О.А. Байконурова
 0000-0002-8346-4147

Табынов Кайрат Казыбаевич

 kairat.tabynov@gmail.com
Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
Алма-Ата, Казахстан
Международный центр вакцинологии
канд. вет. наук, доцент
 0000-0001-9411-7952

Байгурин Жаксыбек Джакупбекович

 zh.baygurin@satbayev.university
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алма-Ата, Казахстан
кафедра маркшейдерского дела и геодезии, Горно-металлургический институт
имени О.А. Байконурова
д-р техн. наук, профессор
 0000-0002-6958-0707

Поступила 13.01.2025. Принята к публикации 23.06.2025. Опубликовано 30.06.2025.



Mapping transboundary diseases in Kazakhstan using GIS technologies

**Nurkuisa M. Rametov^{1,2}✉, Kairat K. Tabynov³,
Zhaksybek J. Baigurin¹**

¹ Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

² Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

³ Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

✉ nurkuisa.rametov@gmail.com

CITATION Rametov NM, Tabynov KK, Baigurin ZhJ. Mapping transboundary diseases in Kazakhstan using GIS technologies. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025;69(3): 94–108. DOI:10.30533/GiA-2025-047.

KEYWORDS cartography, GIS, epidemiology, spatial analysis, transboundary diseases, Kazakhstan, geomonitoring

ABSTRACT In the modern world, the spread of transboundary diseases poses a significant threat to public health, especially in regions with high migration activity and complex environmental conditions. This study employs geoinformation technologies to map transboundary diseases in Kazakhstan. Case studies include outbreaks of lumpy skin disease (2016) and camelpox (2018–2019). The study areas are located in the Atyrau and Mangystau regions of Kazakhstan and adjacent regions of Russia and Turkmenistan. Data was collected from official sources, including reports from the World Organization for Animal Health (WOAH), the Research Institute for Biological Safety Problems (RIBSP), and regional veterinary services. Additionally, news publications and social media were analyzed to identify unconfirmed cases. The results demonstrate the effectiveness of GIS technologies in epidemiological monitoring and in planning disease control measures. The findings of this study may be useful for public health authorities, research institutions, and professionals in the fields of epidemiology and geoinformatics.

ACKNOWLEDGEMENTS The authors would like to thank the team of the Zonal Diagnostic Laboratory of RIBSP for their technical support, provision of epidemiological data and assistance in organizing field studies. Their professionalism and scientific expertise contributed significantly to the quality and results of this work.

- REFERENCES**
- Sharma B, Agrawal I. Surveillance of Veterinary and Human Health in Pertaining Risk Analysis of Zoonoses Throughout the Globe. *The Handbook of Zoonotic Diseases of Goats*. Rana T (ed.). CAB International, 2024: 66–82.
 - José Becerra M, Araujo Bernardino Da Rocha M. Applications of Geotechnologies in the Field of Public Health. *Geographic Information Systems – Data Science Approach*. Abdalla R (ed.). IntechOpen, 2024: 185–211. DOI:10.5772/intechopen.1003867.
 - Azewan MDH, Abdul Rasam AR. Disease Mapping and Health Analysis Using Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G): An Exploratory Qualitative Study of Tuberculosis. *Charting the Sustainable Future of ASEAN in Science and Technology*. Alias NZ, Yusof R (ed.). Singapore: Springer Singapore; 2020: 495–506. DOI:10.1007/978-981-15-3434-8_43.
 - Monir N., Abdul Rasam A., Ghazali R., et al. Address Geocoding Services in Geospatial-based Epidemiological Analysis: A Comparative Reliability for Domestic Disease Mapping. *International Journal of Geoinformatics*. 2021;17(5): 156–166. DOI:10.52939/ijg.v17i5.2029.
 - Edberg SC. Global Infectious Diseases and Epidemiology Network (GIDEON): A World Wide Web-Based Program for Diagnosis and Informatics in Infectious Diseases. *Clinical Infectious Diseases*. 2005;40(1): 123–126. DOI:10.1086/426549.
 - Puntus IA, Babak VA. Noduljarnyj dermatit (obzor) [Nodular dermatitis (review)]. *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience Series*. 2021;134(1): 46–59. (In Russian). DOI:10.32523/2616-7034-2021-134-1-46-59.
 - Tuppurainen ESM, Oura CAL. Review: Lumpy Skin Disease: An Emerging Threat to Europe, the Middle East and Asia: Emerging Lumpy Skin Disease. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2012;59(1): 40–48. DOI:10.1111/j.1865-1682.2011.01242.x.
 - Leray LSG, Ward MP. Web-scraping applied to acquire difficult to access animal disease outbreak information, using African Swine Fever in Europe as an example. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2021;68(5): 2795–2805. DOI:10.1111/tbed.14133.
 - Freifeld CC, Mandl KD, Reis BY, et al. HealthMap: Global Infectious Disease Monitoring through Automated Classification and Visualization of Internet Media Reports. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2008;15(2): 150–157. DOI:10.1197/jamia.M2544.
 - Justová P., Cajthaml J. Cartographic Design and Processing of Originally Printed Historical Maps for Their Presentation on the Web. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2023;12(6): 230. DOI:10.3390/ijgi12060230.
 - Nelson JK. Cartography & geovisual analytics in personal contexts: designing for the data creator. *International Journal of Cartography*. 2023;9(2): 210–230. DOI:10.1080/23729333.2023.2189431.
 - Bulatov Y, Turyskeldy Sh, Abitayev R, et al. Camel pox Virus in Western Kazakhstan: Assessment of the Role of Local Fauna as Reservoirs of Infection. *Viruses*. 2024;16(10): 1626. DOI:10.3390/v16101626.
 - Singh S. Transboundary, Emerging, and Exotic Diseases of Goats. *Principles of Goat Disease and Prevention*. Rana T (ed.). Hoboken: Wiley Blackwell; 2023: 137–154. DOI:10.1002/9781119896142.ch11.
 - Moudgil G, Chadha J, Khullar L, et al. Lumpy skin disease: Insights into current status and geographical expansion of a transboundary viral disease. *Microbial pathogenesis*. 2024;186: 106485. DOI:10.1016/j.micpath.2023.106485.
 - Zarva ID, Pavlov MV, Sorokovoi AA, et al. Primenenie GIS-tekhnologij i dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli dlya ocenki prostranstvenno-vremennogo rasprostraneniya beshenstva v Vostochnom Zabajkal'e [Application of GIS and Earth Remote Sensing Data for the Evaluation of the Spatiotemporal Spread of Rabies in Eastern Trans-Baikal Region]. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2021;2: 100–107. (In Russian). DOI:10.21055/0370-1069-2021-2-100-107.
 - Kiani B, Lau C, Bergquist R. From Snow's map of cholera transmission to dynamic catchment boundary delineation: current front lines in spatial analysis. *Geospatial Health*. 2023;18(2): 1–12. DOI:10.4081/gh.2023.1247.
 - Byadovskaya O, Prutnikov P, Shalina K. The changing epidemiology of lumpy skin disease in Russia since the first introduction from 2015 to 2020. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022;69(5): 2551–2562. DOI:10.1111/tbed.14599.

18. Liao H, Lyon CJ, Ying B, et al. Climate change, its impact on emerging infectious diseases and new technologies to combat the challenge. *Emerging Microbes and Infections*. 2024;13(1): 2356143. DOI:10.1080/22221751.2024.2356143.
19. Carroll LN, Au AP, Detwiler LT, et al. Visualization and analytics tools for infectious disease epidemiology: A systematic review. *Journal of Biomedical Informatics*. 2014;51: 287–298. DOI:10.1016/j.jbi.2014.04.006.
20. Iannetti S, Savini L, Palma D. An integrated web system to support veterinary activities in Italy for the management of information in epidemic emergencies. *Preventive Veterinary Medicine*. 2014;113(4): 407–416. DOI:10.1016/j.prevetmed.2014.01.015.

AUTHORS **Nurkuisa M. Rametov**

Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan;
Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,
Almaty, Kazakhstan
Department of Surveying and Geodesy, Mining and Metallurgical Institute
named after O.A. Baikonurov
 0000-0002-8346-4147

Kairat K. Tabynov

 kairat.tabynov@gmail.com
Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
International Center for Vaccinology
PhD in Veterinary Medicine, Associate Professor
 0000-0001-9411-7952

Zhaksybek Zh. Baygurin

 zh.baygurin@satbayev.university
Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,
Almaty, Kazakhstan
Department of Surveying and Geodesy, Mining and Metallurgical Institute
named after O.A. Baikonurov
Dr. of Sci. (Engineering), Professor
 0000-0002-6958-0707

Submitted: January 13, 2025. Accepted: June 23, 2025. Published: June 30, 2025.