

DOI: 10.21055/0370-1069-2026-1-129-136

УДК 616.98:579.842.23(479.25)

А.Ф. Манучарян¹, Г.Г. Мелик-Андреасян¹, Р.Р. Даниелян¹, А.Ю. Газиева²,
В.М. Дубянский², О.В. Малецкая²**Влияние изменения климата на природные очаги чумы и туляремии в Армении**

¹ГНКО «Национальный центр по контролю и профилактике заболеваний» Министерства здравоохранения Республики Армения, Ереван, Республика Армения; ²Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт, Ставрополь, Российская Федерация

Цель работы – использование климатических прогнозов, в том числе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), применительно к Республике Армения для оценки влияния климатических изменений на среду обитания и популяции основных резервуаров чумы и туляремии, а также на эпизоотический потенциал этих территорий; разработка модели экологической ниши природно-очагового инфекционного заболевания на примере очага туляремии в юго-восточной части Армении в современных условиях и прогноз состояния на 2040–2050 гг. **Материалы и методы.** В работе использованы прогнозные сценарии изменений среднегодовых температур и осадков, литературные данные о влиянии изменения климата на очаги особо опасных инфекций, данные эпизоотологического обследования. Модель экологической ниши очага туляремии в юго-восточной части Армении разработана с применением искусственного интеллекта. **Результаты и обсуждение.** Регистрируемые в настоящее время и прогнозируемые изменения климата Армении, характеризующиеся повышением среднегодовых температур и сокращением среднегодового количества осадков, приведут к увеличению количества засушливых регионов в республике. В связи с этим наблюдаемое расширение ареала малых песчанок на север предполагает риски возникновения эпизоотических проявлений чумы, вызванных циркулирующей штаммов, принадлежащих к основному подвиду *Yersinia pestis* ssp. *pestis*, в приграничных территориях Закавказского высокогорного и Приараксинского низкогорного природных очагов чумы. Изменяющиеся условия влияют на динамику ареала обыкновенной полевки, способствуя перемещению ее популяций на оптимальные участки обитания, расположенные на высотах от 2000 м над уровнем моря, в пределах которых, вероятно, возрастут эпизоотические и эпидемические риски для чумы и туляремии. Прогнозная модель экологической ниши очага туляремии, разработанная для юго-восточной части Армении, показала сокращение количества абиотических факторов, приемлемых для циркуляции возбудителя туляремии, что приведет к уменьшению интенсивности эпизоотических проявлений туляремии в 3–4 раза к 2040–2050 гг.

Ключевые слова: изменение климата, природные очаги, чума, туляремия.

Корреспондирующий автор: Манучарян Арсен, e-mail: arsen.manucharyan.1976@gmail.com.

Для цитирования: Манучарян А.Ф., Мелик-Андреасян Г.Г., Даниелян Р.Р., Газиева А.Ю., Дубянский В.М., Малецкая О.В. Влияние изменения климата на природные очаги чумы и туляремии в Армении. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2026; 1:129–136. DOI: 10.21055/0370-1069-2026-1-129-136

Поступила 30.06.2025. Отправлена на доработку 10.07.2025. Принята к публикации 05.12.2025.

A.F. Manucharyan¹, G.G. Melik-Andreasyan¹, R.R. Danielyan¹, A.Yu. Gazieva²,
V.M. Dubyansky², O.V. Maletskaya²**The Impact of Climate Change on Natural Foci of Plague and Tularemia in Armenia**

¹National Center for Disease Control and Prevention, Ministry of Health of the Republic of Armenia, Yerevan, Republic of Armenia;
²Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russian Federation

Abstract. The aim of the work was to use climate forecasts, including those from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in relation to Armenia to assess how climate changes could affect the habitat and populations of main reservoirs of plague and tularemia, as well as the epizootic potential of the territories; to develop ecological niche model of a natural-focal infectious disease by the example of tularemia focus in the southeastern region of Armenia under modern conditions and a forecast of the situation for 2040–2050. **Materials and methods.** The work used forecast scenarios of changes in average annual temperatures and precipitation, literature data on the impact of climate change on the foci of particularly dangerous infections, and data from epizootiological survey. The model of the ecological niche of the tularemia focus in the southeastern region of Armenia was developed applying artificial intelligence. **Results and discussion.** The currently registered and projected climate changes in Armenia, characterized by an increase in average annual temperatures and a decrease in average annual precipitation, will lead to an enlargement of arid areas in the republic. In this regard, the observed expansion of the little gerbil range to the north suggests the risks of epizootic manifestations of plague caused by the circulation of strains belonging to the main subspecies of *Yersinia pestis* ssp. *pestis*, in the border areas of the Transcaucasian high-mountain and the Pre-Araks low-mountain natural plague foci. Changing conditions affect the dynamics of the range of the common vole, contributing to the movement of its populations to optimal habitats located at altitudes higher than 2000 m above sea level, within which epizootic and epidemic risks for plague and tularemia are likely to increase. The predictive model of the ecological niche of the tularemia focus, developed for the southeastern region of Armenia, showed a reduction in the number of abiotic factors suitable for the circulation of the tularemia pathogen, which will lead to a 3–4-fold decrease in the intensity of epizootic manifestations of tularemia by 2040–2050.

Key words: climate change, natural foci, plague, tularemia.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The authors declare no additional financial support for this study.

Corresponding author: Arsen Manucharyan, e-mail: arsen.manucharyan.1976@gmail.com.

Citation: Manucharyan A.F., Melik-Andreasyan G.G., Danielyan R.R., Gazieva A.Yu., Dubyansky V.M., Maletskaya O.V. The Impact of Climate Change on Natural Foci of Plague and Tularemia in Armenia. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2026; 1:129–136. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2026-1-129-136

Received 30.06.2025. Revised 10.07.2025. Accepted 05.12.2025.

Manucharyan A.F., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-0005>
Melik-Andreasyan G.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5796-8077>
Danielyan R.R., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3351-3625>

Gazieva A.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8775-0087>
Dubyansky V.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3817-2513>
Maletskaya O.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3003-4952>

Армения – государство на Южном Кавказе, граничащее с Грузией, Азербайджаном, Ираном и Турцией, с территорией 29 743 км². Расположено в горах Малого Кавказа и Армянского нагорья, имеет значительное топологическое разнообразие, с высотами от 400 до 4100 м над уровнем моря (над ур. м.). По отчетам Министерства охраны природы Республики Армения (в настоящее время – Министерство окружающей среды Республики Армения), перечислено более 3600 видов растений, что составляет более 50 % от общего количества для всего Кавказского региона. Кроме того, существует более 17 500 видов беспозвоночных и около 540 видов позвоночных. Последние включают 350 видов птиц, 90 видов млекопитающих, 53 вида рептилий, 38 видов рыб и 8 видов земноводных [1].

Сложная топография территории Армении определяет значительные климатические различия между регионами, которые не так уж и удалены друг от друга. На территории республики существуют почти все типы климата – от сухого субтропического до холодного альпийского.

Самая высокая среднегодовая температура в Армении достигает 12–14 °С. Лето мягкое, со средней температурой в июле 16,7 °С, в то время как в Араратской долине на юге Армении она колеблется в диапазоне 24–26 °С. Абсолютный максимум зарегистрированной температуры составляет 43 °С. Средняя температура января, самого холодного месяца, – минус 6,7 °С. Абсолютная минимальная зимняя температура, зарегистрированная в Армении, – минус 42 °С на северо-западе, в то время как в северо-восточных и юго-восточных регионах зимы гораздо мягче. Среднегодовое количество осадков в стране составляет 592 мм, при этом наиболее засушливыми регионами являются Араратская долина и Мегри (часть Сюникской области) на юго-востоке страны, где годовое количество осадков – всего 200–250 мм [1, 2].

С 1992 по 2008 г. локализованные эпизоотии чумы были зарегистрированы в областях Ширак, Лори, Арагацотн, Котайк и Сюник. В Армении известны три случая заражения людей бубонной формой чумы – в 1958, 1969 и 1975 гг. [3]. Последняя эпизоотия чумы среди носителей и переносчиков зарегистрирована в 2008 г. в областях Ширак и Сюник. Отсутствие эпизоотий чумы за последние 17 лет не дает повода для исключения этой инфекции из

списка приоритетных исследований, наоборот, это предопределяет необходимость применения в исследовании чумы в Армении новых знаний и инструментов.

Туляремия впервые обнаружена в Республике Армения в 1949 г. с региональным присутствием в семи из десяти регионов на северо-востоке до 1959 г. В это время было выявлено различие между очагами, этиологически связанными с водяными полевками, и очагами, в которых носителями инфекции были лесные мыши, обыкновенные полевки и черные крысы [4]. Эпизоотии среди обыкновенных полевков регистрируются ежегодно с 2003 по 2024 г. [5]. Среди населения Армении туляремия фиксируется также ежегодно, вспышки имели место в 2003, 2007, 2017 и 2023 гг. [6–8] (рис. 1).

Цель работы – использование климатических прогнозов, в том числе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), применительно к Армении для оценки влияния климатических изменений на среду обитания и популяции основных резервуаров чумы и туляремии, а также на эпизоотический потенциал этих территорий; разработка модели экологической ниши природно-очагового инфекционного заболевания на примере очага туляремии в юго-восточной части Армении в современных условиях и прогноз состояния на 2040–2050 гг. Обзор литературы армянских и зарубежных источников позволит нам сравнить и оценить полученные результаты по воздействию изменения климата на очаги особо опасных инфекций [2].

Кроме того, мы привели собственные предварительные, ранее не опубликованные результаты влияния климатических изменений на очаг туляремии в юго-восточной части Армении.

Материалы и методы

В работе использованы прогнозируемые сценарии изменений среднегодовых температур и осадков по компьютерной модели MAGICC/SCENGEN Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), литературные данные о влиянии изменения климата на очаги особо опасных инфекций. Модель экологической ниши очага туляремии в юго-восточной части Армении в настоящее время и прогноз на 2040–2050 гг. созданы в программе искусственного интеллекта, разработанной

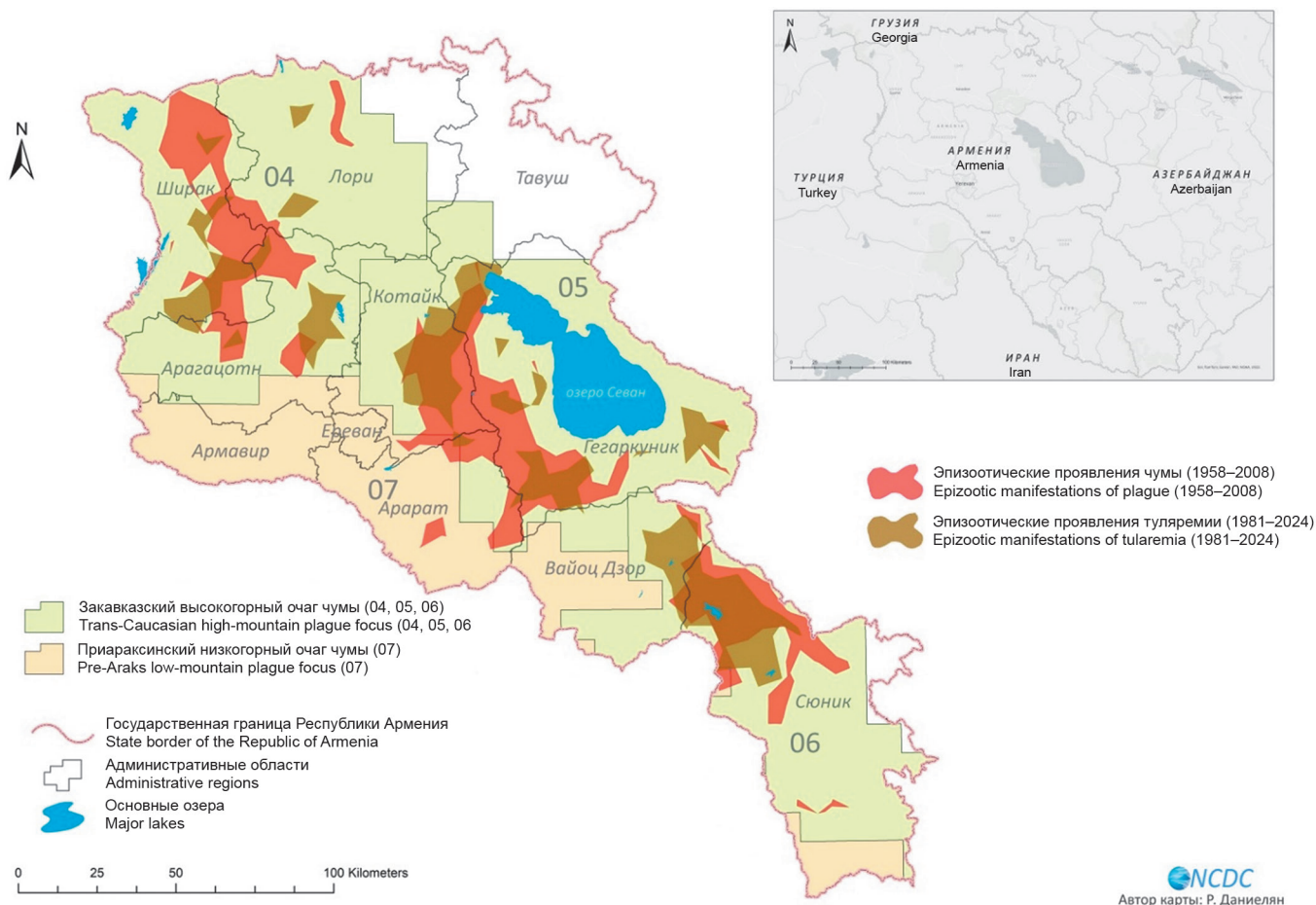


Рис. 1. Эпизоотические проявления чумы и туляремии в природных очагах особо опасных инфекций в Армении

Fig. 1. Epizootic manifestations of plague and tularemia in natural foci of particularly dangerous infections in Armenia

одним из авторов статьи, В.М. Дубянским. Данная программа реализована на языке Python и основана на классическом алгоритме наивного байесовского классификатора, алгоритме, описанном в [9], модифицированном для работы с пространственными данными, пакетах статистических программ scipy. Для моделирования использовано 120 абиотических и биотических факторов: климатических, орографических, эдафических, NDVI-индекс и плотность обыкновенной полевки, а также точки выявления эпизоотий туляремии с 1970 по 2024 г.

Рисунки созданы с использованием геоинформационных систем (ГИС) ArcGIS Enterprise 12.0 и QGIS 3.40.

Результаты и обсуждение

По данным армянских источников литературы, изменение климата в Армении оценивалось с использованием компьютерных моделей PRECIS и MAGICC/SCENGEN. Согласно последней, прогнозируется, что температура на территории Армении к 2030 г. повысится на 1 °С. Последние данные свидетельствуют о том, что это повышение уже произошло. В 2070 г. предполагается повышение температуры на 2 °С, а в 2100 г. – на 4 °С. Прогнозируется

снижение среднего количества осадков на 3 % (2030 г.), 6 % (2070 г.) и 9 % (2100 г.). Эти модели предполагают, что рост температуры будет значительнее в более теплые месяцы, чем в более холодные [10, 11]. Ожидается, что средняя температура в Армении между 2012 и 2100 гг. вырастет на 5–6 °С.

До 2030 г. сценарии всех моделей предсказывают, что в среднем годовое изменение осадков составит менее 6 %. До 2100 г. прогнозируется уменьшение годового количества осадков на всей территории страны, особенно в летний сезон. В остальные сезоны распределение осадков аналогично. Количество осадков уменьшается в градиенте с северо-запада на юго-восток страны [2].

Анализ климатических данных, проведенный МГЭИК, показывает, что Армения, вероятно, столкнется с более высоким показателем уменьшения количества осадков по сравнению со среднемировым при температурах, которые могут увеличиться на 4,7 °С к 2090-м гг., превысив базовый уровень 1986–2005 гг. [11]. Повышенный риск засух, наводнений и оползней в сочетании с сокращением общей площади пахотных земель и урожайности основных культур приведет к существенным изменениям в составе экосистемы [11, 12]. Кроме того, прогнозируется, что количество атмосферных осадков сократится на

8,3 % к 2100 г. по сравнению с базовым среднегодовым уровнем (592 мм) за 1961–1990 гг. [13].

Прогнозы предсказывают расширение пустынных и полупустынных зон на 33 % и распространение полупустынных условий в направлении юго-восточного региона. Прогнозы указывают на то, что в течение следующего столетия произойдут вертикальные сдвиги существующих границ первичных природных экосистем. Восходящее перемещение климатических зон по рельефу уже наблюдается на некоторых участках границ этих зон [11].

В Национальном центре по контролю и профилактике заболеваний в 2023 г. проведено исследование с использованием модели распространения вида методом MaxEnt. На основе алгоритма моделирования максимальной энтропии и с использованием 19 переменных окружающей среды смоделировано распространение обыкновенной полевки и спрогнозирован ее ареал в Армении. Моделирование показало, что распределение обыкновенной полевки по территории зависит от средней температуры самого холодного квартала (BIO11 – 32,3 %), осадков самого сухого квартала (BIO17 – 16,4 %), среднегодовой температуры (BIO01 – 11 %), температуры годового диапазона (BIO07 – 9,8 %), годовых осадков (BIO12 – 8,4 %), минимальной температуры самого холодного месяца (BIO06 – 7 %) и средней температуры самого теплого квартала (BIO10 – 5,9 %) [14].

В Армении наблюдается увеличение численности таких видов, как персидская песчанка (*Meriones persicus*) и песчанка Виноградова (*Meriones Vinogradovi*), а также лесных мышей рода *Sylvaemus*, возможно, из-за того, что аридизация климата меньше сказывается в лесных ландшафтах [15].

Мы полагаем, что территории, которые из-за изменения климата станут непригодными для обыкновенной полевки, в будущем могут быть заняты видами грызунов из пустынных и полупустынных экосистем, такими как малые песчанки. Персидские песчанки и песчанки Виноградова, являющиеся носителями более вирулентного штамма чумы, в настоящее время обитают в сухих горных степях и полупустынных зонах Армении [16].

Исследования в Юго-Восточной Армении выявили статистически значимое снижение популяции обыкновенной полевки с 1970 г., возможно, из-за глобального потепления. Недавние исследования указывают на повышение среднегодовой температуры воздуха в регионе, что влияет на среду обитания обыкновенной полевки, особенно в горной степной зоне [5].

Согласно данным зарубежных источников, изменения глобального климата приведут к росту риска распространения зоонозных заболеваний. Недавние исследования показывают, что порог температуры в 1,5 °C, представленный в Парижском соглашении, может быть превышен в течение следующих пяти лет, что приведет к потенциальному возникновению новых инфекций с эпидемическим потенциалом [17].

Результаты анализа многочисленных литературных данных, проведенного российскими учеными, подтверждают зависимость уровня заболеваемости населения природно-очаговыми инфекциями от природно-климатических факторов, влияющих на жизнедеятельность основных переносчиков их возбудителей – клещей, комаров, мышевидных грызунов [18].

Исследование, проведенное Техасским университетом (США), в ходе которого проанализировано 866 рецензируемых статей, показало, что антропогенное глобальное потепление уже повлияло на биоразнообразие Земли [19]. Примерно 41 % диких видов пострадали от изменения климата, при этом наблюдалось смещение границ на север или вверх в высотном направлении. Комплексный анализ изменений границ в Северном полушарии показывает, что северные и верхние высотные границы в среднем сместились соответственно примерно на 6,1 км на север и на 6,1 м вверх за десятилетие [20]. Исследования в горах Калифорнии выявили смещение ареалов таких видов грызунов, как *Microtus longicaudus*, приписываемое глобальному потеплению [21].

Современные данные по экологии чумного микроба, определяющие возможность его существования в почвенной биоте, подтверждают определяющую роль климатических факторов в механизме энзоотии чумы. Изменения климата определяют динамику эпизоотической активности природных очагов чумы, и усиление его континентальности в Северном полушарии может привести к выходу из состояния межэпизоотического периода [22].

Пятилетнее исследование популяции полевки *Amargosa* (*Microtus californicus*) в США выявило изменение климата как новую угрозу, влияющую на водно-болотные угодья среды обитания полевки из-за продолжительной засухи [23].

Изменение климата повлияет на ареал распространения персидской песчанки среди местных грызунов в Ирано-Туранском регионе; дальнейшие прогнозы подтверждают увеличение географического ареала, подтверждая, что вид не находится в непосредственной опасности. Значительная территория, непосредственно прилегающая к текущему ареалу, как прогнозируется, станет пригодной в будущем, и персидская песчанка может ее колонизировать [24].

Российские ученые оценили возможное влияние изменения климата на переносчиков возбудителей путем математического моделирования с использованием климатических предикторов и пришли к выводу, что к факторам климатического риска относятся расширение ареалов членистоногих переносчиков и повышение их численности, а также аналогичное повышение численности и расширение ареалов позвоночных [25].

Под влиянием глобального потепления зоонозные заболевания распространились в пределы более теплых широт [26].

Действительно, изменения климата и землепользования уже приводят к сдвигам географического ареала в дикой природе, создавая новые видоые сообщества и возможности для вирусного обмена между ранее изолированными видами [27].

Исследования также были сосредоточены на моделировании сценариев изменения климата для прогнозирования трансформаций в передаче туляремии и возникновении эпизоотий. В исследовании шведских ученых, опубликованном в 2009 г., модели предсказывали повышение средней летней температуры на 2 °С, что может привести к увеличению продолжительности вспышек туляремии [28].

Модель, разработанная для США для прогнозирования сдвигов в схемах передачи, показала, что изменение ареала чумы и туляремии, вероятно, будет ограничено сдвигом на север [29]. Обзор метеорологических данных из российской Арктики выявил увеличение среднегодовой температуры на 1,2 °С за последние несколько десятилетий. Это изменение климата повышает риск возникновения зоонозных инфекционных заболеваний, что потенциально приводит к перемещению на север видов растений и животных, связанных с такими заболеваниями, как, например, туляремия [30]. Аляска за последние 60 лет испытала аналогичное повышение температуры, что подчеркивает сохраняющуюся угрозу зоонозных заболеваний во всем мире [31]. В последние годы изменения во времени и интенсивности температуры и осадков также ускорили распространение инфекционных заболеваний в северных регионах [32].

Сравнение текущих климатических данных и прогнозируемых моделей показывает, что к 2100 г. регионы Армении, которые в настоящее время имеют подходящие условия для обыкновенной полевки, испытают существенные изменения. Места обитания ниже 2000 м над ур. м., вероятно, станут частично непригодными для проживания из-за экстремальных климатических условий для обыкновенной полевки.

Учитывая, что обыкновенная полевка не склонна к дальним миграциям, ожидается, что многие ее местообитания исчезнут, а благоприятные условия будут ограничены высокогорными территориями, которые занимают меньшее пространство. Возможно, некоторые изолированные популяции сохранятся на более низких участках, но, вероятно, только по берегам крупных рек, где растительность сохранится в количестве, достаточном для их питания.

В регионах, характеризующихся засушливыми горными зонами и прилегающими районами горных степей, популяции обыкновенных полевок, возможно, должны будут либо адаптироваться к ограниченному местообитанию, либо мигрировать в места, где существуют более оптимальные условия. Вероятно, что эпидемический потенциал чумы и туляремии возрастет в высокогорных зонах Армении.

Прогнозы предполагают, что изменение климата может привести к расширению пустынных, по-

лупустных, засушливых и редколесных регионов в Армении. Климатические изменения также могут привести к расширению территории полупустынного, низкогорного природного очага чумы, где основными носителями являются песчанки. Армянские сухие экосистемы являются одними из самых богатых по биоразнообразию. Здесь можно встретить примерно половину репрезентативной флоры и фауны Армении со многими редкими видами растений и животных. По мере того как эти регионы будут увеличиваться, вероятно, произойдут значительные изменения в их составе и структуре.

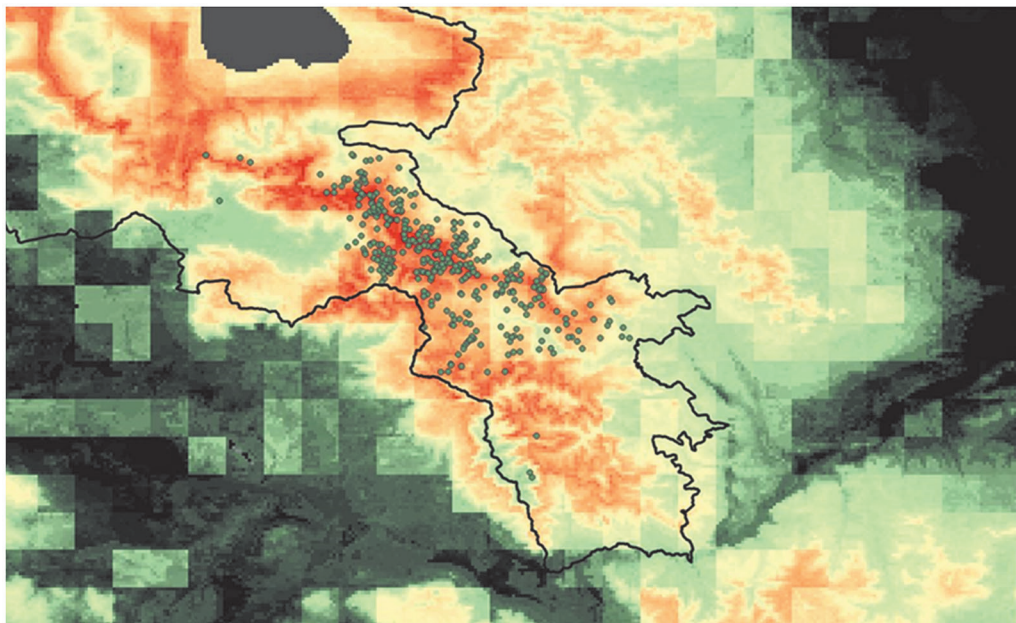
Эпизоотологическое обследование, проведенное в прилежащих секторах территорий Закавказского высокогорного и Приараксинского низкогорного природных очагов чумы в 2022–2024 гг., показало расширение ареала персидской песчанки и общественной полевки в высотном направлении в места обитания обыкновенной полевки, что несет риски возникновения в приграничных территориях двух очагов чумы эпизоотических проявлений, вызванных циркуляцией штаммов, принадлежащих к основному подвиду *Yersinia pestis ssp. pestis*. Участки совместных поселений носителей микроба чумы и расширение ареала ряда видов носителей выявлены в секторах, где в прошлом регистрировались эпизоотии. Результаты отлова также показали существование смешанных поселений основных и второстепенных носителей микроба чумы: выявлены совместные местообитания малых песчанок и различных мелких мышевидных грызунов и насекомых. Соответственно возрастает вероятность обмена штаммами микроба чумы между очагами и различными видами носителей.

Наши исследования показали, что есть определенная вероятность значительной трансформации очага туляремии в юго-восточной части Армении к 2040–2050 гг. (рис. 2). Интенсивность эпизоотических проявлений уменьшится в 3–4 раза.

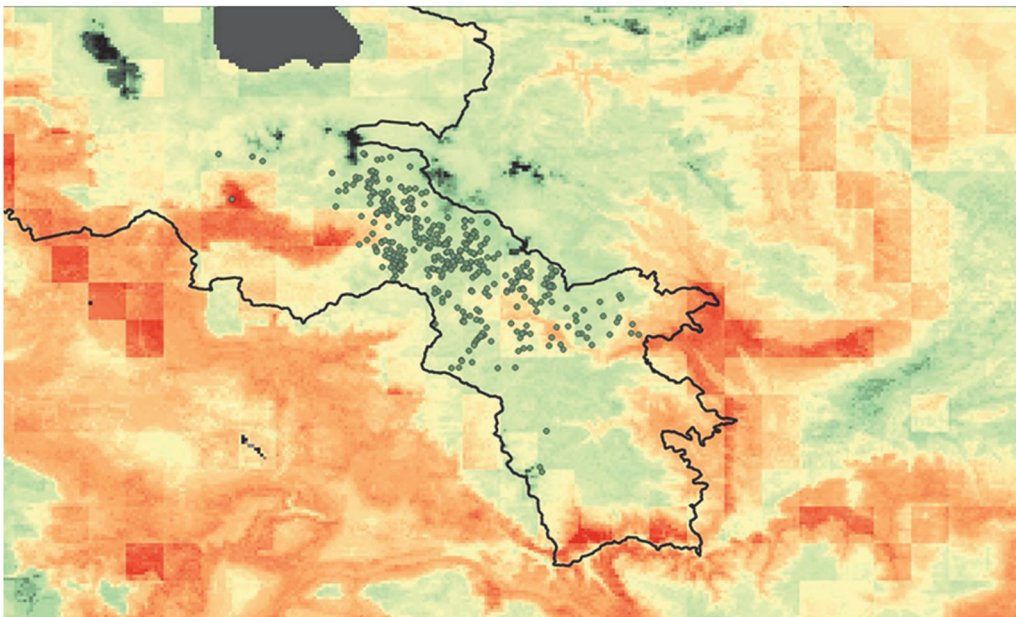
На основе литературных данных и нашего моделирования готовятся планы наблюдения и картирования территорий, подверженных риску чумы и туляремии, основанные на предположении, что *Microtus arvalis* является ключевым видом для риска заражения людей этими особо опасными инфекциями.

Однако исследование имеет ограничения, так как наш анализ основан на существующих прогнозных изменениях в климатических данных, которые могут с течением времени подвергаться незначительной коррекции, которую мы не можем точно отразить в моделях, но ее необходимо будет учесть в будущем, когда появится больше информации.

Таким образом, наши исследования, литературные данные и климатические прогнозы, свидетельствующие о тенденции к усилению аридности климата Армении, позволяют предположить, что перераспределение мест обитания обыкновенной полевки на высоты выше 2000 м над ур. м. и локально на ограниченные оптимальные участки, расши-



A



B

Рис. 2. Модель экологической ниши очага туляремии в настоящее время (A) и прогноз на 2040–2050 гг. (B): градиент красного цвета – толерантность условий для циркуляции возбудителя туляремии; зеленые точки – места выявления возбудителя

Fig. 2. Model of the ecological niche of the tularemia focus at present (A) and forecast for 2040–2050 (B): red gradient – tolerance of conditions for the circulation of the tularemia pathogen; green dots – sites where the pathogen was detected

рение ареалов малой песчанки на север и наличие смешанных поселений основных и второстепенных носителей микроба чумы могут привести к возникновению новых эпизоотических связей и контактов среди носителей и переносчиков возбудителя чумы основного и кавказского подвидов на территориях Закавказского высокогорного и Приараксинского низкогорного природных очагов чумы.

Согласно разработанной модели экологической ниши очага туляремии для юго-восточной части

Армении, существует вероятность его значительной трансформации к 2040–2050 гг. Интенсивность эпизоотических проявлений предположительно уменьшится в 3–4 раза. При этом вероятно, что эпизоотический и, как следствие, эпидемический потенциалы чумы и туляремии возрастут в высокогорных зонах Армении.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии дополнительного финансирования при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Fourth National Report to the Convention on Biological Diversity. Republic of Armenia. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cbd.int/doc/world/am/am-nr-04-en.pdf> (дата обращения: 01.12.2022).
2. Armenia – Second National Communication (2010). UNDP – Climate Change Adaptation. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.adaptation-undp.org/resources/armenia-second-national-communication-2010> (дата обращения: 19.02.2025).
3. Попова А.Ю., Кутырев В.В., редакторы. Атлас природных очагов чумы России и зарубежных государств. Калининград: ПА Полиграфичъ; 2022. 348 с.
4. A review of selected problems of tularemia in the Soviet Union. Part 1. History and recent incidence of the disease. [Электронный ресурс]. URL: https://archive.org/details/DTIC_AD0409603/page/3/mode/2up (дата обращения: 19.02.2025).
5. Manucharyan A., Achenbach J., Paronyan L., Avetisyan L., Danielyan R., Melik-Andreasyan G. Gammasid ticks as vectors of tularemia in the southeast of Armenia. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2023; 23(5):284–90. DOI: 10.1089/vbz.2022.0082.
6. Kosoy M., Imnadze P., Malania L., Bolashvili N., Kandaurov A., Webb C.T., Gilbertson K., Danielyan R., Manucharyan A.F. Atlas of Zoonotic Diseases in the South Caucasus. 2024. DOI: 10-52340-9789941869020.
7. Melikjanyan S., Palayan K., Vanyan A., Avetisyan L., Bakunts N., Kotanyan M., Guerra M. Human cases of tularemia in Armenia, 1996–2012. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2017; 97(3):819–25. DOI: 10.4269/ajtmh.16-0605.
8. Epidemiological situation – NCDC Armenia. [Электронный ресурс]. URL: <https://ncdc.am/activity/newsletters/epidemic-situation/> (дата обращения: 19.02.2025).
9. Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. 2-е изд. Л.: Медицина, Ленинградское отделение; 1973. 141 с.
10. Climate Change Information Platform. [Электронный ресурс]. URL: <https://nature-ic.am/en> (дата обращения: 19.02.2025).
11. Armenia. EU4ClimateResilience. [Электронный ресурс]. URL: <https://eu4climate.eu/armenia/> (дата обращения: 19.02.2025).
12. Climate Change Knowledge Portal. [Электронный ресурс]. URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/> (дата обращения: 19.02.2025).
13. Armenia’s 4th National Communication on Climate Change. United Nations Development Programme. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.undp.org/armenia/publications/armenias-4th-national-communication-climate-change> (дата обращения: 19.02.2025).
14. Danielyan R., Manucharyan A., Melik-Andreasyan G. Modeling the species distribution of the main host of tularemia in Armenia. In: 10th International Conference on Tularemia. Grenoble, France; 2023.
15. Манучарян А.Ф. Характеристика эпизоотической активности очага туляремии в юго-восточном регионе Республики Армения в 1970–2018 гг. *Национальная академия наук Армении. Доклады.* 2023; 123(1):48–54. DOI: 10.54503/0321-1339-2023.123.1-48.
16. The Anti-Plague System in the Newly Independent States, 1992 and Onwards (January 31, 2007). – The Nuclear Threat Initiative. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nti.org/analysis/articles/anti-plague-system-states/> (дата обращения: 19.02.2025).
17. The Lancet Infectious Diseases. Twin threats: climate change and zoonoses. *Lancet Infect. Dis.* 2023; 23(1):1. DOI: 10.1016-1473-3099-22-00817-9.
18. Прислегина Д.А., Дубянский В.М., Платонов А.Е., Малещая О.В. Влияние природно-климатических факторов на эпидемиологическую ситуацию по природно-очаговым инфекциям. *Инфекция и иммунитет.* 2021; 11(5):820–36. DOI: 10-15789/2220-7619-EOT-1631.
19. Parmesan C., Yohe G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature.* 2003; 421(6918):37–42. DOI: 10-1038/nature01286.
20. Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 2006; 37:637–69. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100.
21. Rowe K.C., Rowe K.M., Tingley M.W., Koo M.S., Patton J.L., Conroy C.J., Perrine J.D., Beissinger S.R., Moritz C. Spatially heterogeneous impact of climate change on small mammals of montane California. *Proc. Biol. Sci.* 2015; 282(1799):20141857. DOI: 10.1098/rspb.2014.1857.

22. Попов Н.В., Безмертный В.Е., Удовиков А.И., Кузнецов А.А., Слудский А.А., Магросов А.Н., Князева Т.В., Федоров Ю.М., Попов В.П., Гражданов А.К., Аязбаев Т.З., Яковлев С.А., Караваева Т.Б., Кутырев В.В. Влияние современного изменения климата на состояние природных очагов чумы России и других стран СНГ. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2013; (3):23–8. DOI: 10.21055-0370-1069-2013-3-23-28.
23. Amargosa Vole (*Microtus californicus scirpensis*). – Fish & Wildlife Service. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fws.gov/species/amargosa-vole-microtus-californicus-scirpensis> (дата обращения: 07.09.2022).
24. Meeussen S.E., Hof A.R. Predicted future benefits for an endemic rodent in the Irano-Turanian Region. *Climate.* 2021; 9(1):16. DOI: 10.3390/cli9010016.
25. Ясюкевич В.В., Титкина С.Н., Попов И.О., Давидович Е.А., Ясюкевич Н.В. Климатозависимые заболевания и членистоногие переносчики: возможное влияние наблюдаемого на территории России изменения климата. *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.* 2013; 25:314–59.
26. Bartlow A.W., Manore C., Xu C., Kaufeld K.A., Del Valle S., Ziemann A., Fairchild G., Fair J.M. Forecasting zoonotic infectious disease response to climate change: mosquito vectors and a changing environment. *Vet. Sci.* 2019; 6(2):40. DOI: 10.3390/vetsci6020040.
27. Carlson C.J., Albery G.F., Merow C., Trisos C.H., Zipfel C.M., Eskew E.A., Olival K.J., Ross N., Bansal S. Climate change increases cross-species viral transmission risk. *Nature.* 2022; 607(7919):555–62. DOI: 10.1038/s41586-022-04788-w.
28. Rydén P., Sjöstedt A., Johansson A. Effects of climate change on tularaemia disease activity in Sweden. *Glob. Health Action.* 2009; 2. DOI: 10.3402/gha.v2i0.2063.
29. Nakazawa Y., Williams R., Peterson A.T., Mead P., Staples E., Gage K.L. Climate change effects on plague and tularemia in the United States. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2007; 7(4):529–40. DOI: 10.1089/vbz.2007.0125.
30. Revich B., Tokarevich N., Parkinson A.J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *Int. J. Circumpolar Health.* 2012; 71:18792. DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792.
31. Hueffer K., Parkinson A.J., Gerlach R., Berner J. Zoonotic infections in Alaska: disease prevalence, potential impact of climate change and recommended actions for earlier disease detection, research, prevention and control. *Int. J. Circumpolar Health.* 2013; 72. DOI: 10.3402/ijch.v72i0.19562.
32. Leal Filho W., Ternova L., Parasnis S.A., Kovaleva M., Nagy G.J. Climate change and zoonoses: a review of concepts, definitions, and bibliometrics. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022; 19(2):893. DOI: 10.3390/ijerph19020893.

References

1. Fourth National Report to the Convention on Biological Diversity. Republic of Armenia. (Cited 01 Dec 2022). [Internet]. Available from: <https://www.cbd.int/doc/world/am/am-nr-04-en.pdf>.
2. Armenia – Second National Communication (2010). UNDP – Climate Change Adaptation. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: <https://www.adaptation-undp.org/resources/armenia-second-national-communication-2010>.
3. Popova A.Yu., Kutyrev V.V., editors. [Atlas of Natural Plague Foci in Russia and Foreign Countries]. Kaliningrad: “RA Poligrafichъ”; 2022. 348 p.
4. A review of selected problems of tularemia in the Soviet Union. Part 1. History and recent incidence of the disease. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: https://archive.org/details/DTIC_AD0409603/page/3/mode/2up.
5. Manucharyan A., Achenbach J., Paronyan L., Avetisyan L., Danielyan R., Melik-Andreasyan G. Gammasid ticks as vectors of tularemia in the southeast of Armenia. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2023; 23(5):284–90. DOI: 10.1089/vbz.2022.0082.
6. Kosoy M., Imnadze P., Malania L., Bolashvili N., Kandaurov A., Webb C.T., Gilbertson K., Danielyan R., Manucharyan A.F. Atlas of Zoonotic Diseases in the South Caucasus. 2024. DOI: 10-52340-9789941869020.
7. Melikjanyan S., Palayan K., Vanyan A., Avetisyan L., Bakunts N., Kotanyan M., Guerra M. Human cases of tularemia in Armenia, 1996–2012. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2017; 97(3):819–25. DOI: 10.4269/ajtmh.16-0605.
8. Epidemiological situation – NCDC Armenia. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: <https://ncdc.am/activity/newsletters/epidemic-situation/>.
9. Gubler E.V., Genkin A.A. [Application of Nonparametric Statistical Criteria in Biomedical Research]. Leningrad: Medicine, Leningrad Branch; 1973. 141 p.
10. Climate Change Information Platform. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: <https://nature-ic.am/en>.
11. Armenia. EU4ClimateResilience. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: <https://eu4climate.eu/armenia/>.

12. Climate Change Knowledge Portal. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>.
13. Armenia's 4th National Communication on Climate Change. United Nations Development Programme. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: <https://www.undp.org/armenia/publications/armenias-4th-national-communication-climate-change>.
14. Danielyan R., Manucharyan A., Melik-Andreasyan G. Modeling the species distribution of the main host of tularemia in Armenia. In: 10th International Conference on Tularemia. Grenoble, France; 2023.
15. Manucharyan A.F. [Characteristics of the epizootic activity of tularemia focus in the southeastern region of the Republic of Armenia in 1970–2018]. *[National Academy of Sciences of Armenia. Reports]*. 2023; 123(1):48–54. DOI: 10.54503/0321-1339-2023.123.1-48.
16. The Anti-Plague System in the Newly Independent States, 1992 and Onwards (January 31; 2007). – The Nuclear Threat Initiative. (Cited 19 Feb 2025). [Internet]. Available from: <https://www.nti.org/analysis/articles/anti-plague-system-states/>.
17. The Lancet Infectious Diseases. Twin threats: climate change and zoonoses. *Lancet Infect. Dis.* 2023; 23(1):1. DOI: 10.1016-1473-3099-22-00817-9.
18. Prisleghina D.A., Dubyansky V.M., Platonov A.E., Maletskaya O.V. [Effect of the natural and climatic factors on epidemiological situation related to natural focal infections]. *Infektsiya i Immunitet [Russian Journal of Infection and Immunity]*. 2021; 11(5):820–36. DOI: 10-15789/2220-7619-EOT-1631.
19. Parmesan C., Yohe G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*. 2003; 421(6918):37–42. DOI: 10-1038/nature01286.
20. Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2006; 37:637–69. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100.
21. Rowe K.C., Rowe K.M., Tingley M.W., Koo M.S., Patton J.L., Conroy C.J., Perrine J.D., Beissinger S.R., Moritz C. Spatially heterogeneous impact of climate change on small mammals of montane California. *Proc. Biol. Sci.* 2015; 282(1799):20141857. DOI: 10.1098/rspb.2014.1857.
22. Popov N.V., Bezsmertny V.E., Udovikov A.I., Kuznetsov A.A., Sludsky A.A., Matrosov A.N., Knyazeva T.V., Fedorov Yu.M., Popov V.P., Grazhdanov A.K., Ayazbaev T.Z., Yakovlev S.A., Karavaeva T.B., Kutyrev V.V. [The influence of modern climate change on the state of natural plague foci in Russia and other CIS countries]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2013; (3):23–8. DOI: 10.21055-0370-1069-2013-3-23-28.
23. Amargosa Vole (*Microtus californicus scirpensis*). – Fish & Wildlife Service. (Cited: 07 Sept 2022). [Internet]. Available from: <https://www.fws.gov/species/amargosa-vole-microtus-californicus-scirpensis>.
24. Meeussen S.E., Hof A.R. Predicted future benefits for an endemic rodent in the Irano-Turanian Region. *Climate*. 2021; 9(1):16. DOI: 10.3390/cli9010016.
25. Yasyukevich V.V., Titkina S.N., Popov I.O., Davidovich E.A., Yasyukevich N.V. [Climate-dependent diseases and arthropod vectors: possible impact of climate change observed in Russia]. *Problemy Ekologicheskogo Monitoringa i Modelirovaniya Ekosistem [Problems of Ecological Monitoring and Modeling of Ecosystems]*. 2013; 25:314–59.
26. Bartlow A.W., Manore C., Xu C., Kaufeld K.A., Del Valle S., Ziemann A., Fairchild G., Fair J.M. Forecasting zoonotic infectious disease response to climate change: mosquito vectors and a changing environment. *Vet. Sci.* 2019; 6(2):40. DOI: 10.3390/vetsci6020040.
27. Carlson C.J., Albery G.F., Merow C., Trisos C.H., Zipfel C.M., Eskew E.A., Olival K.J., Ross N., Bansal S. Climate change increases cross-species viral transmission risk. *Nature*. 2022; 607(7919):555–62. DOI: 10.1038/s41586-022-04788-w.
28. Rydén P., Sjöstedt A., Johansson A. Effects of climate change on tularaemia disease activity in Sweden. *Glob. Health Action*. 2009; 2. DOI: 10.3402/gha.v2i0.2063.
29. Nakazawa Y., Williams R., Peterson A.T., Mead P., Staples E., Gage K.L. Climate change effects on plague and tularemia in the United States. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2007; 7(4):529–40. DOI: 10.1089/vbz.2007.0125.
30. Revich B., Tokarevich N., Parkinson A.J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic. *Int. J. Circumpolar Health*. 2012; 71:18792. DOI: 10.3402/ijch.v71i0.18792.
31. Hueffer K., Parkinson A.J., Gerlach R., Berner J. Zoonotic infections in Alaska: disease prevalence, potential impact of climate change and recommended actions for earlier disease detection, research, prevention and control. *Int. J. Circumpolar Health*. 2013; 72. DOI: 10.3402/ijch.v72i0.19562.
32. Leal Filho W., Ternova L., Parasnis S.A., Kovaleva M., Nagy G.J. Climate change and zoonoses: a review of concepts, definitions, and bibliometrics. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19(2):893. DOI: 10.3390/ijerph19020893.

Authors:

Manucharyan A.F., Melik-Andreasyan G.G., Danielyan R.R. National Center for Disease Control and Prevention. 12, Mkhitar Heratsi St., Yerevan, 0025, Republic of Armenia.

Gazieva A.Yu., Dubyansky V.M., Maletskaya O.V. Stavropol Research Anti-Plague Institute. 13-15, Sovetskaya St., Stavropol, 355005, Russian Federation. E-mail: stavnipchi@mail.ru

Об авторах:

Манучарян А.Ф., Мелик-Андреасян Г.Г., Даниелян Р.Р. Национальный центр по контролю и профилактике заболеваний. Республика Армения, 0025, Ереван, ул. Мхитара Гераци, 12.

Газиева А.Ю., Дубянский В.М., Малецкая О.В. Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 355005, Ставрополь, ул. Советская, 13–15. E-mail: stavnipchi@mail.ru.