

**Климатическая информация для адаптационных мер
в России в секторе «Здоровье населения»:
краткосрочная перспектива**

С.М. Семенов^{1,2)}, В.В. Малеев³⁾, Б.А. Ревич⁴⁾, А.П. Андреева¹⁾,
А.Ю. Богданович¹⁾, Н.Ю. Добролюбов¹⁾, В.Д. Смирнов¹⁾*

¹⁾Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
107258, Москва, ул. Глебовская, д. 20Б

²⁾Институт географии РАН,
119017, Москва, Старомонетный пер., 29

³⁾Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии,
111123, г. Москва, ул. Новогиреевская, д. 3А

⁴⁾Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук,
117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47

*Адрес для переписки: *SergeySemenov1@yandex.ru*

Реферат. Многие неинфекционные и инфекционные болезни человека являются климатозависимыми, т.е. их проявление и распространение в различной степени определяется климатическими факторами. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) в своем Шестом оценочном докладе охарактеризовала те заболевания, для которых наличие таких факторов установлено достаточно надежно. Российские исследования показывают, что в условиях нашей страны не все из этих заболеваний являются актуальными, а из актуальных не все в достаточной мере исследованы, в том числе в отношении количественных зависимостей от факторов климата. Анализ показал, что для России в краткосрочной перспективе приоритетный перечень климатозависимых заболеваний может быть следующим:

- сердечно-сосудистые заболевания (ишемическая болезнь сердца, болезни системы кровообращения);
- аллергическая бронхиальная астма;
- природно-очаговые, зоонозные и зооантропонозные инфекции (клещевые боррелиозы, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, клещевой вирусный энцефалит, малярия, лихорадка Западного Нила); актуальны также бешенство, лептоспироз, лейшманиоз, сибирская язва, дирофиляриоз, однако количественных данных об их климатозависимости пока недостаточно для оценок пространственного распределения рисков в масштабе страны.

Этот перечень актуален лишь в краткосрочной перспективе, поскольку современные интенсивные климатические и медико-биологические исследования могут предоставить новые научные данные, которые внесут коррективы в этот перечень. Следует учесть, что зависимость рисков распространения инфекционных болезней человека от климатических факторов может

определяться как непосредственным влиянием на человека, так и на возбудителей заболевания и чаще – на переносчиков и резервуар инфекции.

Климатическое обслуживание в направлении адаптации сектора «здоровье населения» в сфере ответственности Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) предлагается осуществлять в следующей форме. Периодически (раз в 5 лет) предоставляются/публикуются карты-схемы с указанием областей географического пространства, где есть климатические предпосылки проявления перечисленных выше заболеваний, а также изменения их границ. Далее эту информацию профильные организации (Минздрав, Роспотребнадзор) могут использовать при разработке, оптимизации и внедрении адаптационных мер, направленных на снижение рисков заболеваний.

Ключевые слова. Климатические факторы, болезни человека, Россия, приоритетный перечень, краткосрочная перспектива, климатическое обслуживание, адаптация.

Climatic information for adaptation measures in Russia in the "Public Health" sector: a short-term perspective

S.M. Semenov^{1,2}, V.V. Maleev³), B.A. Revich⁴), A.P. Andreeva¹),
A.Yu. Bogdanovich¹), N.Yu. Dobrolyubov¹), V.D. Smirnov¹)*

¹)Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya st., 107258, Moscow, Russian Federation

²)Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences,
29, Staromonetny lane, 119017, Moscow, Russian Federation

³)Central Research Institute of Epidemiology,
3A, st. Novogireevskaya, 111123, Moscow, Russian Federation

⁴)Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences,
Building 47, Nakhimovsky prospect, 117418, Moscow, Russian Federation

*Correspondence address: *SergeySemenov1@yandex.ru*

Abstract. Many non-infectious and infectious human diseases are climate-dependent, i.e. their manifestation and spread are determined by climatic factors to various degree. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in its Sixth Assessment Report characterized those diseases for which the presence of such factors has been established with sufficient reliability. Russian studies show that not all of these diseases are relevant to our country, and not all of the relevant ones have been sufficiently studied, including with respect to quantitative relationships to climatic factors. The analysis showed that for Russia in the short term the priority list of climate-dependent diseases may be as follows:

- cardiovascular diseases (coronary heart disease, diseases of the circulatory system);
- allergic bronchial asthma;
- natural focal, zoonotic and zoonanthroponotic infections (tick-borne borrelioses, hemorrhagic fever with renal syndrome, tick-borne viral encephalitis, malaria, West Nile fever); rabies, leptospirosis, leishmaniasis, anthrax, dirofilariasis are also relevant, but quantitative data on their climate dependence are not yet sufficient to assess the spatial distribution of risks on a country scale.

This list is relevant only in the short term, since modern intensive climatic and medical-biological research can provide new scientific data that will make adjustments to this list. It should be taken into account that the dependence of the risks of the spread of human infectious diseases on climatic factors can be determined both by the direct impact on humans and on pathogens and – more often – on carriers and reservoirs of infection.

It is proposed that within the area of responsibility of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) the implementation of climate services in the sphere of adaptation of the "public health" sector could be designed as follows. Periodically (once every 5 years), maps-schemes are provided/published indicating parts of geographic space where there are climatic conditions for the manifestation of the diseases listed above, as well as changes in their boundaries. Further, this information can be used by specialized organizations (Ministry of Health of the Russian Federation, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare) in the development, optimization and implementation of adaptation measures aimed at reducing the risks of diseases.

Keywords. Climate factors, human diseases, Russia, priority list, short-term perspective, climate services, adaptation.

Введение

Наблюдаемые и ожидаемые в нашем веке изменения климата приводят к многообразным последствиям для природных и социально-экономических систем. Воздействуют они и на состояние здоровья населения. Это влияние скажется по-разному в различных странах и регионах. Причина этого – различия в их климате, темпе его изменения и чувствительности к ним различных объектов, а также различия в уровне экономического развития, который определяет адаптационный потенциал стран и регионов. Именно от последнего зависит возможность уменьшать негативные последствия изменения климата.

В самой общей форме возникновение риска или изменение существующего уровня риска в заданной точке географического пространства (локации) для какой-либо категории объектов, в том числе для здоровья людей, определяются:

- возникновением воздействия климата или изменением существующего его уровня; при этом воздействие характеризуется интенсивностью проявления и вероятностью для каждого уровня интенсивности;

– подверженностью этой категории объектов воздействию (возможно, специфичной для каждого уровня интенсивности);

– уязвимостью этой категории объектов к воздействию (возможно, специфичной для каждого уровня интенсивности).

Любая климатическая политика (программа действий) направлена на снижение существующего уровня риска для различных объектов путем:

– снижения интенсивности и/или вероятности воздействия;

– уменьшения подверженности и/или уязвимости объектов в отношении рассматриваемого воздействия.

Первая задача – смягчение изменения климата (*англ.* mitigation of climate change) – может решаться только мировым сообществом в целом, поскольку требует ограничения суммарной антропогенной эмиссии парниковых газов в атмосферу. Усилиями одной страны по ограничению антропогенных выбросов парниковых газов в атмосферу с ее территории нельзя существенно повлиять на климат даже этой страны. Основные парниковые газы – диоксид углерода, метан, закись азота – перемешиваются в атмосфере существенно быстрее, чем из нее выводятся.

Вторая задача – адаптация (*англ.* adaptation) – может решаться и «на местах». Успех ее решения в большой мере зависит от наличия технологических и финансовых возможностей в странах; адаптация – дело стран, их регионов и секторов экономики. Степень кооперации в этом вопросе с другими странами должна определяться целесообразностью.

Все, сказанное выше, в полной мере относится к такому «сектору», объекту воздействия изменений климата, как «здоровье населения». Разработка и реализация климатической политики (программы действий) в части его адаптации требует прежде всего систематической оценки существующих климатообусловленных рисков и их изменения (возрастания или же убывания) в различных частях географического пространства в ответ на заданные изменения климата и ответные меры адаптации. Решение этой задачи требует совместных усилий климатологов и специалистов в сфере здравоохранения, в том числе в экологической эпидемиологии.

Анализ информации, имеющейся в научных публикациях, позволит наметить в данной работе климатозависимые заболевания человека, для которых целесообразно в приоритетном порядке вырабатывать меры адаптации к изменению климата. При этом приоритетность будет определяться в краткосрочной перспективе, поскольку одним из критериев будет служить наличие необходимой научной информации «изменение климата – следствие». Оно может меняться довольно быстро, поскольку научные исследования этого направления развиваются сейчас весьма интенсивно.

Цель данной работы – выявить климатозависимые заболевания человека, приоритетные в краткосрочной перспективе для обеспечения информацией адаптационных мер в России, направленных на снижение климатообусловленных рисков в секторе «здоровье населения». Будут обсуждены также возможные форматы регулярного предоставления этой информации медицинским и санитарным органам в порядке климатического обслуживания.

Глобальный контекст

Глобальная ситуация с климатозависимыми заболеваниями человека периодически (раз в 5-7 лет) характеризуется в оценочных докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Ее последний, Шестой оценочный доклад также (см. www.ipcc.ch, закладка REPORTS) содержит главу, где рассматриваются вопросы влияния изменения климата на здоровье человека (Cissé et al., 2022). Информация о современной ситуации там организована отдельно по неинфекционным (non-communicable) и инфекционным (communicable) заболеваниям. Ниже приведено краткое резюме этой информации с некоторыми изменениями от авторов данной работы.

Неинфекционные заболевания

Для этой группы заболеваний особое значение имеют такие факторы как экстремальные погодные явления. Так, влияние экстремальных холода и жары на заболеваемость и смертность людей хорошо документированы. С экстремальными погодными явлениями связан повышенный травматизм.

Однако изменения климатических средних также оказывают заметное влияние на здоровье людей, в том числе с ними связаны некоторые расстройства психического и репродуктивного здоровья.

Сердечно-сосудистые заболевания. Высокие и низкие температуры в периоды соответственно сильной жары и сильного холода, а также некоторые другие климатические явления, повышают риск сердечно-сосудистых заболеваний. Однако степень возможного увеличения нетемпературных рисков остается все еще неопределенной.

Неинфекционные респираторные заболевания. Крупнейшие подгруппы этой группы заболеваний: бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких. Некоторые из них являются климатозависимыми. Тяжесть аллергических заболеваний, особенно аллергического ринита и аллергической астмы, может измениться в ответ на изменение климата.

Диабет. Здоровье людей, страдающих диабетом, в условиях жары подвергается более высокому риску (повышенная заболеваемость и смертность).

Инфекционные заболевания

Зависимость инфекционных болезней от климатических факторов может проявляться различными путями: влиянием непосредственно на человека, на возбудителя заболевания или его переносчика.

Трансмиссивные заболевания. Среди трансмиссивных заболеваний (т.е. передаваемых от человека к человеку посредством переносчиков) в качестве климатозависимых (climate-sensitive) доминируют те, которые передаются посредством комаров, клещей и грызунов.

В отношении заболеваний, передающихся посредством комаров, отмечено, что вследствие изменения климата возможности передачи малярии, лихорадки Денге и некоторых других заболеваний этого класса в последние годы увеличились. Потепление климата, изменения в сумме осадков и отно-

сительной влажности воздуха расширяет область географического пространства, пригодную для осуществления передачи заболевания. Увеличивается распространение возбудителей лихорадок Денге, Западного Нила, Чикунгунья, Зика, японского энцефалита и лихорадки Рифт-Вэлли в Азии, Латинской Америке, Северной Америке и Европе.

В отношении заболеваний, передающихся посредством клещей, установлено, что произошедшее изменение климата способствовало распространению болезни Лайма (иксодовый клещевой боррелиоз) в Северной Америке (переносчик *Ixodes scapularis*), а также в Европе (переносчик *Ixodes ricinus*). В России обнаружены случаи Астраханской риккетсиозной лихорадки, клещевого риккетсиоза, Конго-крымской геморрагической лихорадки.

В отношении климатозависимости заболеваний, передаваемых посредством грызунов, необходимо обращать внимание на туляремию, лептоспироз, риккетсиозы. Ситуация требует мониторинга и дальнейших исследований.

Заболевания, передающиеся через воду. Включают диарейные заболевания (такие как холера, шигеллёз, криптоспоридиоз и брюшной тиф), шистосомоз, лептоспироз, гепатиты А и Е. Такие события, как рост температуры, сильные осадки, наводнения и засухи связаны с ростом случаев диарейных заболеваний. Экстремальные температуры и осадки увеличивают риск холеры.

Болезни пищевого происхождения. Это заболевания, возникающие в результате употребления пищи, которая испорчена болезнетворными бактериями, вирусами, паразитами и/или загрязнена токсинами, пестицидами и иными загрязняющими веществами. Возникновение таких заболеваний сильно связано с высокими температурами воздуха и воды, а также с более продолжительным летним сезоном. Высокие температуры способствуют распространению сальмонеллёза. Значительная связь наблюдается между заболеванием кампилобактериозом (*Campylobacter jejuni*, *C. coli*, *C. lari*, реже – *C. fetus*) с одной стороны и температурами и осадками с другой.

Инфекции дыхательных путей. Многие такие заболевания, вызываемые бактериями, вирусами и грибами, климатозависимы. Среди факторов следует указать температуру, экстремальные значения влажности, пыльные бури, экстремальные осадки и повышенную погодную изменчивость. Передача инфекции от человека к человеку является основной движущей силой распространения пандемии COVID-19, а не климатические факторы. В ряде стран Азии, Африки и Океании эти факторы способствовали более тяжёлому течению болезни, присоединению оппортунистических инфекций.

Информация по России

Неинфекционные заболевания

В специальной литературе имеется информация о климатозависимости некоторых сердечно-сосудистых заболеваний. Это, прежде всего, ишемическая болезнь сердца и болезни системы кровообращения. В современных

исследованиях зависимость смертности в сутки от сердечно-сосудистых заболеваний от среднесуточной температуры чаще всего характеризуют U-образной кривой – см., например, рис. 1 из работы (López-Bueno et al., 2021). На нем представлены данные о суточной смертности в зависимости от максимальной суточной температуры воздуха в Мадриде (Испания) в 1983-2018 гг. Чаще всего, однако, в качестве метеорологической переменной в таких графиках используют среднесуточную температуру воздуха.

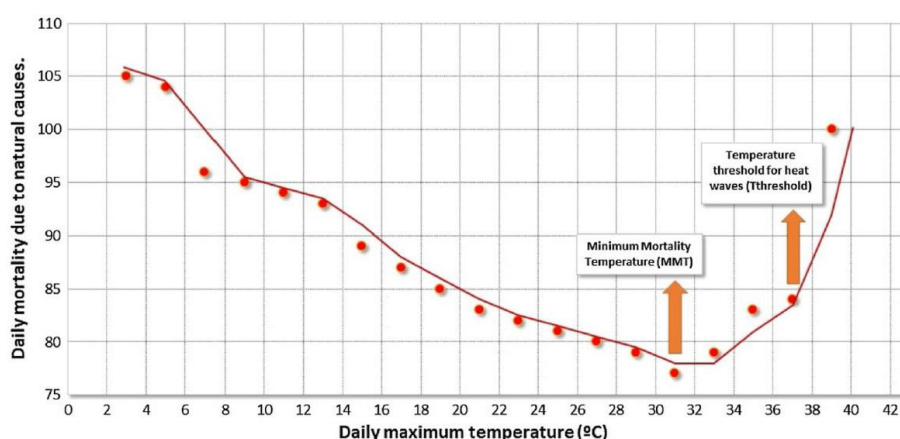


Рисунок 1. Зависимость «температура-смертность» для Мадрида в 1983-2018 гг. (López-Bueno et al., 2021)

Смертность указана в абсолютном выражении. Температура минимальной смертности (ММТ – minimum mortality temperature) и пороговая температура для волны жары (Threshold)

Figure 1. Temperature-mortality relationship for Madrid in 1983-2018 (López-Bueno et al., 2021) *Mortality is given in absolute units. Minimum mortality temperature (MMT) and heat wave threshold temperature (Threshold)*

Точка достижения минимума на подобных графиках называется «температурой минимальной смертности» (ММТ – minimum mortality temperature). Значения ММТ имеют региональную специфику. В отечественной литературе такие данные были впервые приведены в работах (Ревич и др., 2005, 2008). Для Ростова-на-Дону они приведены в табл. 1 (Шартова и др., 2019).

Минимальное значение ММТ для ишемической болезни сердца, цереброваскулярных болезней и болезни системы кровообращения в табл. 1 есть 22.7°C. Оно соответствует цереброваскулярным болезням для категории «женщины старше 65 лет». Аналогичные исследования проводились и другими авторами. Так, в работе (Saez et al., 2000), температурный порог там оценен в 21-23°C в зависимости от влажности.

Отметим, что ММТ обладает некоторой вариабельностью даже в пределах одного региона. В табл. 2 приведены данные по Квинсленду (Австралия) за 1997-2013 гг. Заметим, что оценка ММТ для сердечно-сосудистых заболеваний у женщин 23.0°C весьма близка к полученной в работе (Шартова и др., 2019) для Ростова-на-Дону (Россия).

Таблица 1. Точки минимума зависимости смертности от температуры (ММТ – minimum mortality temperature – и процентиля, °С) и пороговые значения среднесуточной температуры воздуха (°С) для возникновения риска дополнительной смертности населения при наступлении жаркой погоды (Шартова и др., 2019)

Table 1. Minimum mortality temperature MMT and percentiles (°C) and threshold values of average daily air temperature (°C) for the occurrence of the risk of additional mortality of the population with the onset of hot weather (Shartova et al., 2019)

Причина смерти	ММТ	ММТ (%)	“порог жары”	ММТ	ММТ (%)	“порог жары”
	Женщины, 30-64 года			Мужчины, 30-64 года		
Ишемическая болезнь сердца	25.5	94	не определен	23.6	88	27.4
Цереброваскулярные болезни	24.3	90	не определен	23.6	88	24.7
Болезни системы кровообращения	24.8	92	не определен	23.8	89	25.3
Все естественные причины	25.3	93	не определен	22.7	86	23.8
	Женщины старше 65 лет			Мужчины старше 65 лет		
Ишемическая болезнь сердца	23.8	89	24.5	25.0	92	26.7
Цереброваскулярные болезни	22.7	86	23.2	22.9	86	23.7
Болезни системы кровообращения	23.1	87	23.5	23.6	88	24.2
Все естественные причины	22.8	86	23.3	23.5	88	24.1

Таблица 2. Температура минимальной смертности (ММТ, °С) для различных подгрупп населения в Квинсленде (Австралия) в 1997-2013 гг. (Lu et al., 2021)

Table 2. Minimum mortality temperature (ММТ, °С) for different population subgroups in Queensland, Australia, 1997-2013 (Lu et al., 2021)

	Подгруппы	В целом	1997	2013
	Всего	23.4	22.6	24.0
Пол	Женщины	23.0	23.0	23.0
	Мужчины	24.2	21.2	24.5
Возраст (годы)	0-59	24.3	26.5	22.7
	60-84	23.1	20.9	23.8
	85+	23.5	23.0	25.2
Климат	Холодный	23.8	23.0	25.3
	Умеренный	23.7	23.3	24.2
	Жаркий	22.1	20.0	23.3
Социально-экономическое положение	Низкое	23.5	33.1	23.1
	Среднее	23.2	20.1	24.0
	Высокое	23.6	23.3	33.1

Следует отметить, что значения ММТ заметно меняются в географическом пространстве. На рис. 2 представлены данные из работы (Yin et al., 2019) о глобальном распределении ММТ. Авторы этой работы приводят 12-32°C в качестве глобального диапазона изменения ММТ. В этой же работе приводятся результаты оценки корреляций между ММТ и МФТ (maximum frequent temperature) – наиболее часто встречающимся значением среднесуточной температуры. Обнаружена весьма тесная связь этих показателей, в особенности для умеренной зоны ($MMT = 1.009 \cdot MFT$, $R^2 = 0.84$), что представлено на рис. 3.

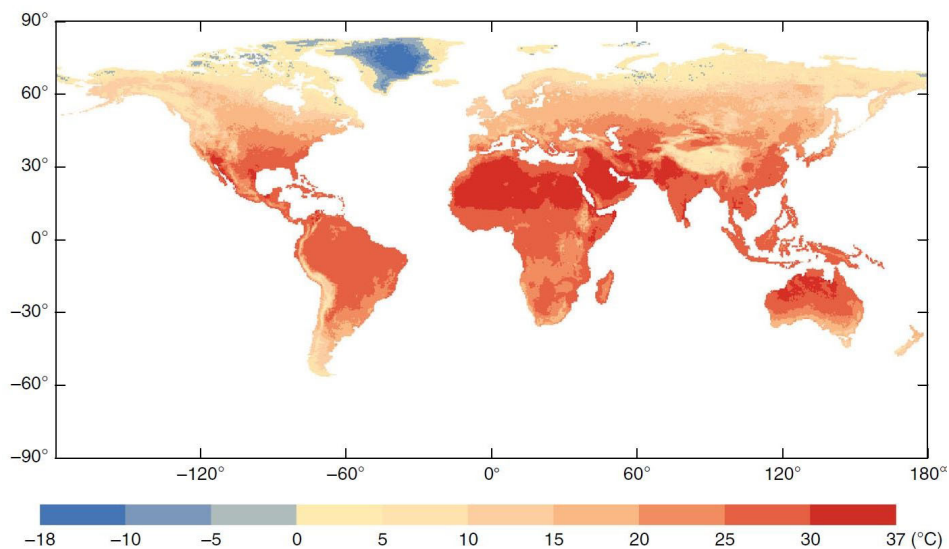


Рисунок 2. Глобальное распределение температуры минимальной смертности (ММТ, °C) в 2010-х годах, оцененной для элементов пространственной сетки 0.5° x 0.5° (Yin et al., 2019)

Figure 2. Global distribution of minimum mortality temperature (MMT, °C) in the 2010s, estimated for 0.5° x 0.5° spatial grid elements (Yin et al., 2019)

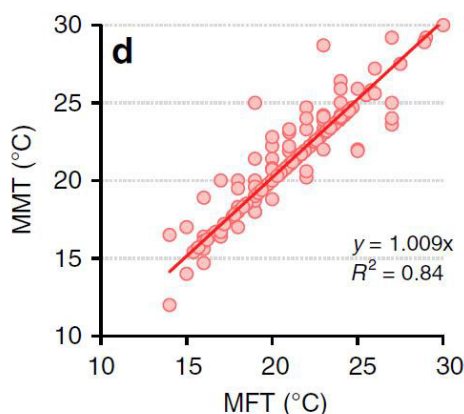


Рисунок 3. Линейная (без свободного члена) зависимость ММТ от МФТ для умеренной зоны (Yin et al., 2019)

Figure 3. Linear (without intercept) dependence of MMT on MFT for the temperate zone (Yin et al., 2019)

По мнению авторов работы (Yin et al., 2019), приведенные на рис. 2 значения ММТ можно воспринимать как результат адаптации организма человека к локальным/региональным климатическим условиям. В краткосрочной перспективе (10-20 лет) при оценке реакции здоровья населения на изменение климата в аспекте риска сердечно-сосудистых заболеваний можно использовать как ММТ, так и МFT, в зависимости от наличия информации об этих параметрах.

Инфекционные заболевания

Наиболее полная характеристика современной ситуации с инфекционными заболеваниями представлена в государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году» (2023).

В данном разделе приведена информация из этого доклада, способствующая определению природно-очаговых, зоонозных и зооантропонозных инфекций, которые являются приоритетными в отношении оценки связанных с ними рисков при климатическом обслуживании, в том числе в направлении адаптации. Обобщенная информация по России в отношении актуальности таких заболеваний приведена на стр. 235 доклада в форме таблицы, которая воспроизведена ниже (табл. 3).

Если исходить из превышения заболеваемости всего населения в 2022 г. уровня 1% или же из факта превышения среднегодовалого ее показателя (СМП), то в качестве кандидатов в приоритетные (в краткосрочной перспективе) заболевания определяются следующие:

- иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ);
- геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС);
- клещевой вирусный энцефалит (КВЭ);
- бруцеллез;
- туляремия;
- лихорадка Ку.

Кроме этих заболеваний целесообразно обратить внимание еще на два:

- малярия;
- лихорадка Западного Нила (ЛЗН).

Они хотя и не представляют сегодня существенной опасности, но могут составить определенный риск распространения в близком будущем по следующим причинам. В 2022 г. по сравнению с 2021 г. наблюдался рост заболеваемости малярией на 33.3%. Все случаи – завозные. Потенциально этот показатель может увеличиться в связи с ростом эмиграции из южных стран и усилением сезонной трудовой миграции. По ЛЗН в 2022 г., особенно в осенний период, было установлено течение эпидемического процесса в рекордном за весь период наблюдений числе субъектов Российской Федерации.

Таблица 3. Актуальные для Российской Федерации природно-очаговые, зоонозные и зооантропонозные инфекции (О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия..., 2023)*

Table 3. Natural focal, zoonotic and zoonotic infections relevant to the Russian Federation (On the state of sanitary and epidemiological well-being..., 2023)*

№	Заболевания	Все население			Сельское население		
		Заболеваемость в 2022 г.	СМП (2010-2019 гг.)	Рост/снижение по отношению к СМП	Заболеваемость в 2022 г.	СМП (2010-2019 гг.)	Рост/снижение по отношению к СМП
1	ИКБ	4.98	4.8	↑3.4%	2.99	3.4	↓12.1%
2	ГЛПС	4.77	5.02	↓5%	6.47	6.97	↓7.2%
3	КВЭ	1.34	1.56	↓14.1%	1.51	2.01	↓25%
4	Псевдо-туберкулез	0.22	0.81	↓3.7 раза	0.1	0.62	↓6.2 раза
5	СКТ	0.97	1.06	↓8.5%	2.09	2.61	↓20%
6	Бруцеллез	0.32	0.26	↑23.1%	0.94	0.8	↑17.5%
7	Лептоспирозы	0.06	0.14	↓2.3 раза	0.07	0.17	↓2.4 раза
8	КГЛ	0.04	0.07	↓1.8 раза	0.13	0.21	↓38%
9	Туляремия	0.08	0.07	↑14.3%	0.2	0.08	↑2.5 раза
10	Сибирская язва	2 сл.	-	-	2 сл.	-	-
11	Бешенство (гидрофобия)	2 сл.	-	-	1 сл.	-	-
12	Лихорадка Ку	0.11	0.09	↑22%	0.25	0.15	↑1.7раза
13	ЛЗН	0.02	0.12	↓6 раз	0.02	0.11	↓5.5 раз
14	АПЛ	0.03	0.18	↓6 раз	0.05	0.43	↓8.6 раза

*Примечание. ИКБ – иксодовый клещевой боррелиоз; ГЛПС- геморрагическая лихорадка с почечным синдромом; КВЭ – клещевой вирусный энцефалит.

В табл. 4 приведена информация, позволяющая судить о климатозависимости выбранных инфекционных заболеваний и конкретных климатических факторах, влияющих на их распространение. Информацию, представленную в табл. 4, можно резюмировать следующим образом.

А. Климатозависимость туляремии опосредована влиянием климата на переносчиков (комары, мошка, слепни, клещи) и резервуар инфекции (грызуны). Это, по-видимому, способствовало последним эпидемиям в приполярных областях Швеции и России. Однако в явном виде количественных зависимостей распространения этого заболевания от климата в специальной литературе пока не имеется.

Б. В отношении геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС) в специальной литературе есть указания на влияние фактора климата на распространение лесных и полевых мышей – резервуара этого заболевания (см., например, (Дуванова и др., 2010; Салтыков, Позняков, 2013; Прислегина и др., 2021)). Однако, определенных алгоритмизируемых требований к климату для этих видов грызунов или возбудителей ГЛПС пока не имеется.

Таблица 4. Характеристики инфекционных заболеваний, наиболее актуальных в России в 2022 г., и их климатозависимость

Table 4. Characteristics of infectious diseases most relevant to Russia in 2022 and their climate dependence

Заболевание	Возбудитель	Передача	Устойчивость и климатозависимость
Иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ, болезнь Лайма)	Бактерии рода <i>Borrelia</i>	Переносчиками являются клещи рода <i>Ixodes</i> (в России <i>I. ricinus</i> , <i>I. persulcatus</i>), а также олени кровососки <i>Lipoptena cervi</i>	Климат определяет область распространения переносчиков <i>Ixodes</i>
Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС)	Вирус Хантаан (<i>Hantaan orthohantavirus</i>). Вирус Добрава-Белград (<i>Dobrava-Belgrade orthohantavirus</i>). Вирус Пуумала (<i>Puumala orthohantavirus</i> , <i>Saaremaa virus</i>).	Вдыхание мелких частиц и употребление воды, содержащих выделения переносчиков - грызунов	Климат – один из факторов динамики численности переносчиков. Климатозависимость полностью количественно не охарактеризована.
Клещевой вирусный энцефалит (КВЭ)	Вирус рода <i>Flavivirus</i>	Переносчиками являются клещи рода <i>Ixodes</i> (в России <i>I. ricinus</i> , <i>I. persulcatus</i>)	Климат определяет область распространения переносчиков <i>Ixodes</i>
Бруцеллёз	Бактерии <i>Brucella abortus bovis</i> , <i>Brucella melitensis</i> , <i>Brucella suis</i> , <i>Brucella canis</i>	Контакт (больные люди, крупный и мелкий рогатый скот, свиньи, собаки). Употребление в пищу зараженных животных продуктов. Укусы переносчиков (жигалка осенняя <i>Stomoxys calcitrans</i> , клещи)	Живет в окружающей среде несколько десятков суток. Погибает от фактора высокой температуры при ее уровнях, которые в России не встречаются или очень редко встречаются (> 50°C). Климатозависимость полностью количественно не охарактеризована.

Продолжение таблицы 4.

Заболевание	Возбудитель	Передача	Устойчивость и климатозависимость
Туляремия	Бактерия <i>Francisella tularensis</i>	Контакт (зайцы, кролики, водяные крысы, полёвки). Употребление зараженных животных продуктов и воды. Укусы кровососущих членистоногих переносчиков (слепни, клещи, комары и др.)	Возбудитель устойчив в окружающей среде при встречающихся реальных температурах, особенно при низких – несколько месяцев. При температурах > 60°C время жизни резко сокращается. Климатозависимость определяется влиянием на переносчиков и резервуар. Климатозависимость полностью количественно не охарактеризована.
Лихорадка Ку (кокциеллез)	Бактерия <i>Coxiella burnetii</i>	Контакт (крупный и мелкий рогатый скот, лошади, свиньи, собаки, домашние птицы, дикие копытные и мелкие млекопитающие животные, в основном грызуны, птицы). Употребление в пищу загрязнённого молока и молочных продуктов.	Климатозависимость этого заболевания не отмечена.
Малярия	Простейшие паразиты - плазмодии <i>Plasmodium vivax</i> (трехдневная малярия), <i>Plasmodium ovale</i> (овале-малярия), <i>Plasmodium malariae</i> (четырёхдневная малярия), <i>Plasmodium falciparum</i> (тропическая малярия)	Укусы самок комаров <i>Anopheles maculipennis</i>	Климат ограничивает область с эффективным циклом развития возбудителя

Продолжение таблицы 4

Заболевание	Возбудитель	Передача	Устойчивость и климатозависимость
Лихорадка западного Нила (ЛЗН)	Вирус рода <i>Flavivirus</i>	Укус комара рода <i>Culex pipiens</i> , иксодовых и аргасовых клещей, при котором происходит передача от больных людей, птиц, млекопитающих	Климат ограничивает область с эффективным циклом развития возбудителя

В. Хотя в научных публикациях есть указания на некоторую роль климатических факторов в распространении бруцеллёза (см., например, (Захарова и др., 2023; Онищенко, Куличенко, 2019)), определенных алгоритмизируемых требований к климату для переносчиков или же возбудителей бруцеллёза пока не имеется.

Г. Передача лихорадки Ку человеку осуществляется множеством путей. Климатозависимость этого заболевания пока в явной форме не отмечена.

Д. Распространение иксодовых клещей – переносчиков иксодового клещевого боррелиоза (ИКБ) и клещевого вирусного энцефалита (КВЭ) – зависит от климатических факторов. Распространение переносчиков и развитие возбудителей малярии – трехдневной и тропической – также зависит от климата. Эффективность возбудителя лихорадки Западного Нила зависит от климатических факторов. Ограничения по климату, перечисленные в этом пункте, суммированы в работе (Ясюкевич, Богданович, 2021). Для территории России и соседних стран они следующие.

Д1. Иксодовый клещевой боррелиоз (ИКБ) и клещевой вирусный энцефалит (КВЭ):

– для переносчика *I. ricinus* (европейский лесной клещ) САТ¹⁾ – сумма активных (среднесуточных) температур при пороге 10°C – должна за год быть не меньше 1550°C·сут., годовая сумма осадков не меньше 491 мм, средняя температура января не меньше 14.1°C (Попов, 2016; Попов, Попова, 2020);

– для переносчика *I. persulcatus* (таежный клещ) САТ – сумма активных (среднесуточных) температур при пороге 10°C – должна за год быть не меньше 1340°C·сут., годовая сумма осадков не меньше 339 мм, средняя температура января не больше (-5°C) (Попов, 2016; Попов, Попова, 2020);

Д2. Малярия:

– для переносчиков-комаров группы *Anopheles maculipennis* число суток в году со среднесуточной температурой, превышающей 10°C, должно быть не меньше 85 (Беклемишев, 1970);

¹⁾ Сумма активных температур (САТ) – сумма за определенный отрезок времени значений температуры воздуха заданного осреднения, превышающих установленное пороговое значение.

– для переносчиков-комаров, зимующих в активном состоянии и питающихся кровью (*An. superpictus*, *An. sacharovi*, *An. atroparvus*), – средняя температура января должна быть не меньше (-7°C) (Беклемишев, 1970);

– для переносчиков-комаров *Anopheles pulherrimus* годовая сумма осадков должна быть не больше 750 мм, а число суток в году со среднесуточной температурой, превышающей 20°C , должно быть не меньше 110 (Беклемишев, 1970);

– для развития возбудителя трехдневной малярии *Plasmodium vivax* сумма эффективных (среднесуточных) температур (СЭТ²) с порогом 14.5°C должна быть не меньше $105^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ (Детинова, 1962);

– для развития возбудителя тропической малярии *Plasmodium falciparum* сумма эффективных (среднесуточных) температур (СЭТ) с порогом 16°C должна быть не меньше $111^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ (Детинова, 1962);

Важные аспекты климатообусловленности распространения малярии рассмотрены в работе (Эколого-географические последствия..., 2011).

ДЗ. Лихорадка Западного Нила (ЛЗН):

– для развития возбудителя сумма активных температур с порогом 10°C должна быть не меньше $2200^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ (Платонов, 2008).

Возможные форматы регулярного предоставления климатической информации для целей климатического обслуживания сектора «здоровье населения» в направлении адаптации

Климатическая информация, регулярно предоставляемая сектору «здоровье населения» в порядке климатического обслуживания, необходима для принятия научно-обоснованных мер адаптации к изменению климата. Заболевания, которым нужно уделить внимание в приоритетном порядке, сейчас широко обсуждаются. Выше были высказаны некоторые предложения авторов по этому вопросу.

Важным техническим моментом является периодичность представления соответствующих данных Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), их состав и конкретные форматы. Ниже мы выскажем предложения по этим вопросам для двух категорий болезней человека – сердечно-сосудистых заболеваний и инфекционных трансмиссивных заболеваний.

Следует отметить, что эти предложения – для начального этапа климатического обслуживания сектора «здоровье населения» в направлении адаптации к изменению климата. Более продвинутые подходы будут предлагаться к внедрению по мере готовности соответствующей необходимой информации в

²) Сумма эффективных температур (СЭТ) – сумма за определенный отрезок времени превышений значениями температуры воздуха заданного осреднения установленного порогового значения.

масштабе страны. Речь идет прежде всего о распределении в географическом пространстве порогов опасности для температуры и влажности воздуха. Пока такие пороговые значения установлены для отдельных локаций в ходе реализации научно-исследовательских проектов (Ревич и др., 2005, 2008). Необходимо также расширять базу знаний о требованиях видов переносчиков трансмиссивных болезней к климату среды обитания. Сейчас такие сведения весьма отрывочны.

Сердечно-сосудистые заболевания

Учитывая тесную связь (она приводилась выше в данной работе) между температурой минимальной смертности от сердечно-сосудистых заболеваний ММТ и MFT (maximum frequent temperature) – наиболее часто встречающимся значением среднесуточной температуры, целесообразно предоставлять информацию о числе значений среднесуточной температуры воздуха, превышающих MFT. Формат – карты-схемы, которые строятся на основе данных системы мониторинга климата Росгидромета. Предлагается следующая процедура построения.

Анализируются данные измерений температуры воздуха на каждой метеостанции, входящей в сеть мониторинга климата, усредненные за каждые сутки. Такие данные подготавливаются во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировом центре данных (ВНИИГМИ-МЦД) Росгидромета. Вычисляются частоты попадания значения среднесуточной температуры в каждый полуинтервал (T_1, T_2) между последовательными целочисленными значениями температуры ($^{\circ}\text{C}$). Выбирается полуинтервал, которому соответствует максимальная частота, и для данной метеостанции MFT принимается равным среднему арифметическому значений из этого полуинтервала. Далее вычисляются процент u значений температуры в рассматриваемом ряду, которые больше MFT, и индекс $I_u = u - 50$. Его положительное значение означает, что в данной точке географического пространства человек чаще, чем в 50% случаев, сталкивается со значениями среднесуточной температуры, превосходящими то, при котором наблюдается минимальная смертность от термического фактора. Отрицательное значение означает, наоборот, что, напротив, чаще, чем в 50% случаев, человек сталкивается со значениями среднесуточной температуры, которые меньше такого оптимального значения.

Результаты таких оценок интерполируются на узлы регулярной пространственной сетки $0.25 \times 0.25^{\circ}\text{C}$.

В порядке климатического обслуживания сектора «здоровье населения» в направлении адаптации в части сердечно-сосудистых заболеваний на первом этапе в качестве первичной информации рекомендуется предоставление карты-схемы распределения значений индекса I_u на территории России.

Предлагается предоставлять такую карту-схему раз в 5 лет, причем при ее построении использовать метеорологические данные за предшествующие 30 лет. Пример такой карты-схемы приведен на рис. 4 для тридцатилетнего периода времени 1961-1990 гг.

В качестве вспомогательной информации, для удобства пользователей, предлагается также изготавливать карты-схемы изменений I_u по отношению к предыдущим представленным.

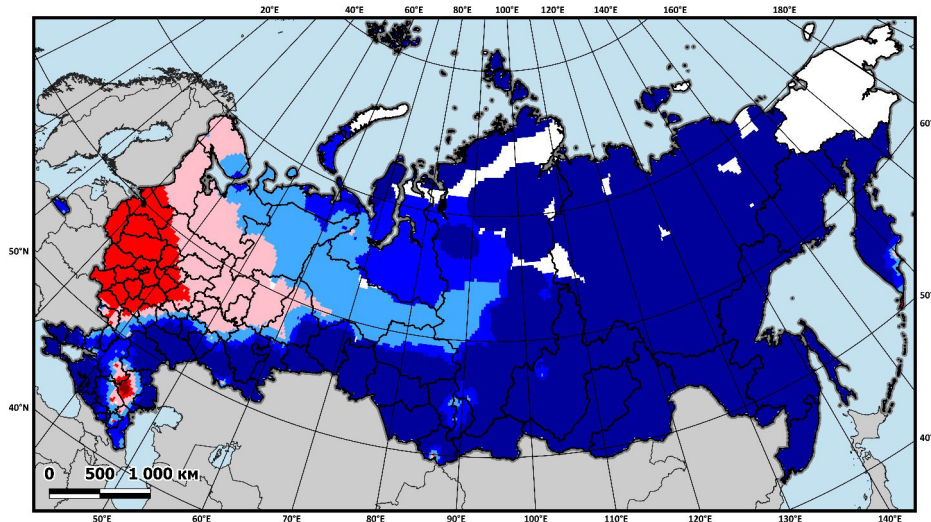


Рисунок 4. Распределение индекса I_u на территории России в климатический период 1961-1990 гг.

Цветовое отображение значений: <(-20) – темно-синий, (-20)-(-10) – синий, (-10)-0 – голубой, 0-10 – розовый, 10-20 – красный, >20 – темно-красный, нет данных – белый, точка вне территории России – серый

Figure 4. Distribution of the I_u index on the territory of Russia in the climatic period of 1961-1990 color display of values: <(-20) – dark blue, (-20)-(-10) – blue, (-10)-0 – light blue, 0-10 – pink, 10-20 – red, >20 – dark red, no data – white, point outside the territory of Russia – grey

Высказанное выше предложение о периодичности представления такой информации – раз в 5 лет – предварительное. Авторы исходили из того, что менее чем за 5 лет изменения климата только начинают проявляться, а такая информация в определенных случаях будет основанием, в том числе, для организационных решений в секторе «здоровье населения». При существующей системе принятия крупных организационных решений пятилетний срок является, пожалуй, минимальным для их реализации.

Инфекционные трансмиссивные заболевания

Для этого класса заболеваний предлагается периодически предоставлять сектору «здоровье населения» карты-схемы климатических ареалов переносчиков этих болезней. Климатический ареал – часть географического пространства, климат которой позволяет устойчиво существовать популяции данного вида.

Для описания климатического ареала, исходя из данных мониторинга климата, используются климатические предикторы. Это – собственно климатические параметры (например, температура, сумма осадков) или построенные с их использованием прикладные климатические индексы (например, сумм эффективных температур, гидротермический коэффициент Селянинова).

Для некоторых видов переносчиков в специальной литературе приведена совокупность климатических предикторов и границы их изменения, соответствующие требованиям вида к климату среды. Это позволяет строить карту-схему климатического ареала, исходя из данных мониторинга климата. При изменении климата границы климатического ареала будут смещаться соответственно. В работах (Семенов и др., 2020; Добролюбов и др., 2023) описана концепция и детали соответствующей методологии.

Особенность этой методологии состоит в том, что она позволяет относить точки географического пространства к климатическому ареалу с различной вероятностью, которой присваивается ранг и цветовое отображение при картографическом воплощении – см. табл. 5.

Таблица 5. Характеризация, цветовое отображение и ранг вероятности того, что точка географического пространства входит в климатический ареал вида

Table 5. Characterization, color display and probability rank of a point in geographic space being part of a species' climatic range

Вероятность, <i>PR</i>	Словесная характеристика	Цвет	Ранг
$PR \leq 0.33$	Маловероятно	Белый	0
$0.33 < PR \leq 0.66$	Средне-вероятно	Желтый	1
$0.66 < PR \leq 0.90$	Вероятно	Темно-желтый	2
$0.90 < PR \leq 0.99$	Весьма вероятно	Коричневый	3
$0.99 < PR \leq 1.00$	Практически достоверно	Темно-коричневый	4

Такая оценка выполняется для климата, соответствующего определенному периоду времени, например, 1990-1999 гг.

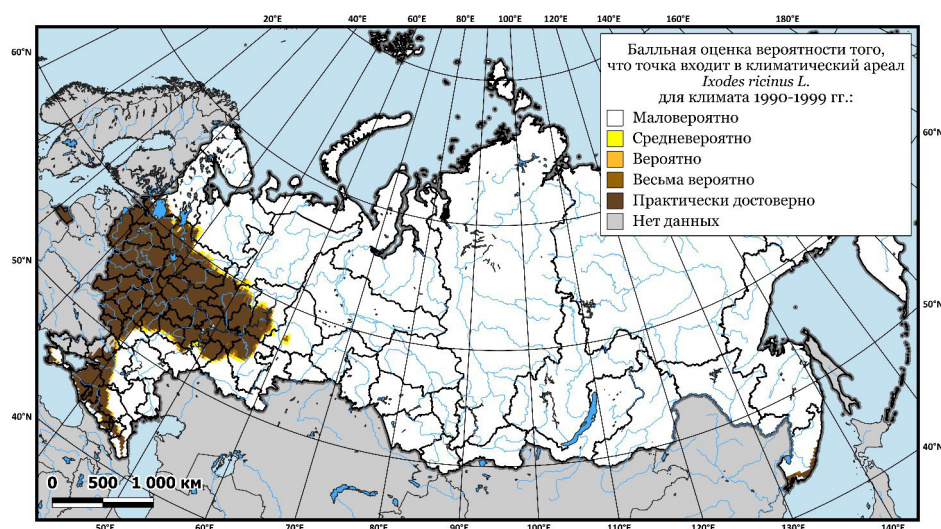
Для другого промежутка времени построенный таким способом климатический ареал может быть иным вследствие изменения климата. Для некоторых точек географического пространства ранги вероятности могут измениться. Эти изменения также характеризуются словесно и визуализируются в цвете – см. табл. 6.

Таблица 6. Словесная характеризация и цветовое отображение изменений рангов вероятности

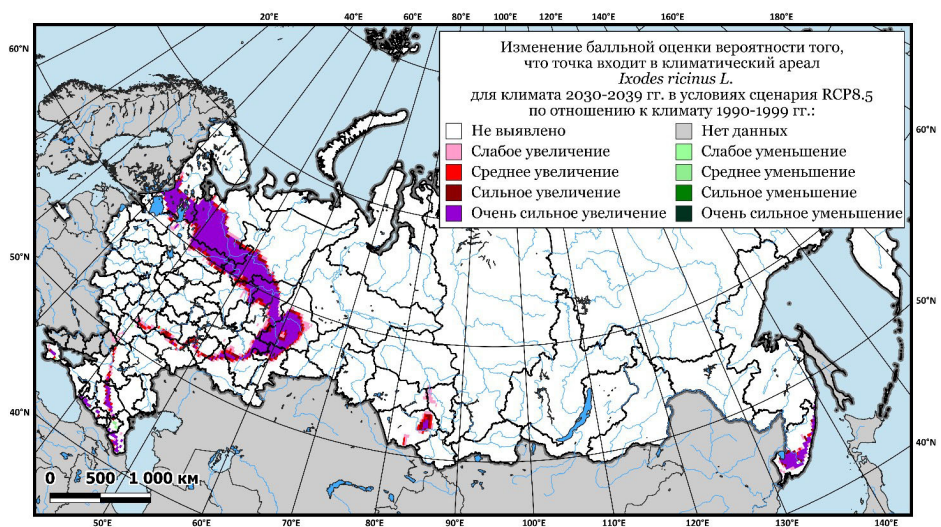
Table 6. Verbal characterization and color display of changes in probability ranks

Изменение ранга	Словесная характеристика		Цвет
4	Увеличение	Очень сильное	Фиолетовый
3		Сильное	Темно-красный
2		Среднее	Красный
1		Слабое	Розовый
0	Изменение	Не выявлено	Белый
-1	Уменьшение	Слабое	Салатовый
-2		Среднее	Светло-зеленый
-3		Сильное	Зеленый
-4		Очень сильное	Темно-зеленый

Пример применения описанной выше процедуры оценки приведен на рис. 5. На рис. 5а изображен климатический ареал европейского иксодового клеща *Ixodes ricinus* – переносчика клещевого вирусного энцефалита и иксодового клещевого боррелиоза – опасных заболеваний человека. Совокупность климатических предикторов и границы их изменения приведены в работе (Ясюкевич, Богданович, 2021).



а



б

Рисунок 5. Климатический ареал *I. ricinus* на территории России, соответствующий климату 1990-1999 гг. (а) и его изменение в 2030-2039 гг. (б)

Figure 5. Climatic range of *I. ricinus* in Russia, corresponding to the climate of 1990-1999 (a) and its change in 2030-2039 (b)

Климатический ареал соответствует климату 1990-1999 гг. На рис. 5б представлено его изменение в 2030-2039 гг. Для описания климата этого периода времени использовались расчетные данные Климатического центра Росгидромета (любезно предоставлены И.М. Школьников, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова). Расчет выполнен в условиях сценария RCP8.5 антропогенного воздействия на климат Земли, скорректированный таким образом, чтобы максимально соответствовать данным наблюдений за 1990-1999 гг.

Такие карты-схемы предлагается предоставлять в порядке климатического обслуживания сектору «здоровье населения» – органам здравоохранения и санитарным органам – один раз в 5 лет. Пространственное разрешение карт-схем 0.25 x 0.25°С.

Заключение

В связи с современными изменениями глобального климата проблемы со здоровьем населения могут возникать, а существующие – усугубляться. Это – глобальный процесс, проявляющийся и в России. В связи с этим требуется адекватная ответная государственная стратегия. В ее разработке и реализации целесообразно участие, в первую очередь, органов здравоохранения и санитарных органов, а также Росгидромета.

Задача гидрометеорологов – систематически указывать те области географического пространства, где уже проявляются климатообусловленные угрозы здоровью населения или же ожидается их возникновение. При этом используются данные мониторинга климата и результаты математического моделирования величины и вероятности воздействий и последствий.

Используя эту информацию, органы здравоохранения и санитарные органы разрабатывают и внедряют меры адаптации, а также организуют мониторинг их эффективности.

Следует отметить целесообразность координации усилий упомянутых выше федеральных органов исполнительной власти при осуществлении всей этой работы на уровне экспертов – для начала. Рекомендуем руководству этих органов рассмотреть вопрос о создании такой группы экспертов. Эта группа могла бы, прежде всего, дать рекомендации об адресатах, сроках, составе и форматах представления климатической информации, необходимой для разработки и внедрения адаптационных мер в связи с изменениями климата.

Благодарности

Авторы признательны за поддержку данного исследования Росгидрометом (госзадание ФГБУ «ИГКЭ» № 169-00009-24-00, проект 3.1.2.).

Список литературы

Беклемишев, В.Н. (1970) *Биоценологические основы сравнительной паразитологии*, М., Наука.

Детинова, Т.С. (1962) *Методы установления возрастного состава двукрылых насекомых, имеющих медицинское значение*, Женева, ВОЗ, 220 с.

Добролюбов, Н.Ю., Семенов, С.М., Володин, Е.М., Богданович, А.Ю. (2023) Алгебраический алгоритм статистической оценки параметра биномиального распределения и пример его применения в одной глобальной геоинформационной задаче прикладной климатологии, *Метеорология и гидрология*, № 10, с. 16-24, doi:10.52002/0130-2906-2023-10-16-24.

Дуванова, И.А., Хицова, Л.Н., Недосекин, В.Ю., Дроздова В.Ф. (2010) Факторы изменения численности малой лесной мыши (*Apodemus uralensis* Pall.) в условиях известнякового севера Среднерусской возвышенности, *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Биология*, т. 3(1), с. 112-116.

Захарова, О.И., Бурова, О.А., Яшин, И.В., Блохин, А.А. (2023) Эпизоотическая ситуация по бруцеллезу животных в Российской Федерации (обзор), *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, т. 24(1), с. 20-29, URL: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.1.20-29>.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году (2023) Государственный доклад, М., Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 368 с.

Онищенко, Г.Г., Куличенко, А.Н. (2019) *Бруцеллёз. Современное состояние проблемы*, Ставрополь, ООО «Губерния», 336 с.

Попов, И.О. (2016) *Климатически обусловленные изменения аутоэкологических ареалов иксодовых клещей ixodes ricinus и ixodes persulcatus на территории России и стран ближнего зарубежья*, Дис. ... канд. биол. наук, М., ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 112 с.

Попов, И.О., Попова, Е.Н. (2020) Идентификация климатических условий, ограничивающих распространение таежного клеща *Ixodes persulcatus* на территории России и соседних стран, *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*, т. 493, № 1, с. 94-97.

Прислегина, Д.А., Дубянский, В.М., Платонов, А.Е., Малецкая, О.В. (2021) Влияние природно-климатических факторов на эпидемиологическую ситуацию по природно-очаговым инфекциям, *Инфекция и иммунитет*, т. 11, № 5, с. 820-836.

Ревич, Б.А., Шапошников, Д.В., Галкин, В.Т., Крылов, С.А., Черткова, А.Б. (2005) Воздействие высоких температур атмосферного воздуха на здоровье населения в Твери, *Гигиена и санитария*, № 2, с. 20-24.

Ревич, Б.А., Шапошников, Д.А., Семутникова, Е.Г. (2008) Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы в 2000-2006 гг., *Медицина труда и промышленная экология*, № 7, с. 29-35.

Салтыков, А.Н., Позняков, С.И. (2013) Структура и численность популяций мышевидных грызунов и ее особенности в пристепных борах бассейна р. Северский Донец, *Научные ведомости. Серия Естественные науки*, № 3 (146), выпуск 22, с. 84-90.

Семенов, С.М., Попов, И.О., Ясюкевич, В.В. (2020) Статистическая модель для оценки формирования климатических угроз по данным мониторинга климата, *Метеорология и гидрология*, № 5, с. 59-65, doi:10.3103/S1068373920050040.

Шартова, Н.В., Шапошников, Д.А., Константинов, П.И., Ревич, Б.А. (2019) Температура воздуха и смертность: исследование пороговых значений жары и чувствительности населения на примере г. Ростов-на-Дону, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 5, № 2, с. 66-94, doi:10.21513/2410-8758-2019-2-66-94.

Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири (2011) Под ред. Касимова Н.С., Кислова А.В., МАКС Пресс, 496 с.

Ясюкевич, В.В., Богданович, А.Ю. (2021) Климатические предикторы для модельного описания климатических ареалов некоторых биологических видов и их изменений в условиях будущего климата, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 7, № 1, с. 117-137, doi:10.21513/2410-8758-2021-1-117-137.

Cissé, G., McLeman, R., Adams, H., Aldunce, P., Bowen, K., Campbell-Lendrum, D., Clayton, S., Ebi, K.L., Hess, J., Huang, C., Liu, Q., McGregor, G., Semenza, J., Tirado, M.C. (2022) *Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, in H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegrna, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lüsckhe, V. Müller, A. Okem, B. Rama (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1041-1170, doi:10.1017/9781009325844.009.

López-Bueno, J.A., Díaz, J., Follos, F., Vellon, J., McNavas, M.A., Culqui, D., Luna, M.Y., Sanchez-Martinez, G., Linares, C. (2021) Evolution of the threshold temperature definition of a heat wave vs. evolution of the minimum mortality temperature: a case study in Spain during the 1983-2018 period, *Environ. Sci. Eur.*, vol. 33, p. 101, URL: <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00542-7>.

Lu, P., Zhao, Qi, Xia, G., Xu, R., Hanna, Jiang J., Li, S., Guo, Y. (2021) Temporal trends of the association between ambient temperature and

cardiovascular mortality: a 17-year case-crossover study, *Environ. Res. Lett.*, 16 045004, doi:10.1088/1748-9326/abab33.

Platonov, A.E., Fedorova, M.V., Karan, L.S., Shopenskaya, T.A., Platonova, O.V., Zhuravlev, V.I. (2008) Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (Diptera: Culicidae) bionomics, *Parasitology research*, (Suppl 1), vol. 103, pp. 45-53, doi:10.1007/s00436-008-1050-0.

Saez, M., Sunyer, J., Tobias, A., Ballester, B., Antó, J.M. (2000) Ischaemic heart disease mortality and weather temperature in Barcelona, Spain, *European Journal of Public Health*, vol. 10, issue 1, pp. 58-63, URL: <https://doi.org/10.1093/eurpub/10.1.58>.

Yin, Q., Wang, J., Ren, Z., Li, J., Guo, Y. (2019) Mapping the increased minimum mortality temperatures in the context of global climate change, *Nat. Commun.*, vol. 10, p. 4640, URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12663-y>.

References

Beklemishev, V.N. (1970) *Biocenologicheskie osnovy sravnitel'noj parazitologii* [Biocenological foundations of comparative parasitology], Moscow, Russia.

Detinova, T.S. (1962) *Metody ustanovleniya vozrastnogo sostava dvukrylyh nasekomyh, imeyushchih medicinskoe znachenie* [Methods for determining the age composition of dipteran insects of medical importance], Zheneva, Switzerland, 220 p.

Dobrolyubov, N.Yu., Semenov, S.M., Volodin, E.M., Bogdanovich, A.Yu. (2023) Algebraicheskiy algoritm statisticheskoy ocenki parametra binomial'nogo raspredeleniya i primer ego primeneniya v odnoj global'noj geoinformacionnoj zadache prikladnoj klimatologii [Algebraic algorithm for statistical estimation of the parameter of binomial distribution and the example of its application in a single global geoinformation problem of applied climatology], *Meteorologiya i gidrologiya*, vol. 10, pp. 16-24, doi:10.52002/0130-2906-2023-10-16-24.

Duvanova, I.A., Hitsova, L.N., Nedosekin, V.Yu., Drozdova, V.F. (2010) Faktory izmeneniya chislennosti maloj lesnoj myshi (*Apodemus uralensis* Pall.) v usloviyah izvestnyakovogo severa Srednerusskoj vozvyshennosti [Factors of change in the number of the small wood mouse (*Apodemus uralensis* Pall.) in the conditions of the limestone north of the Central Russian Upland], *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Biologiya*, vol. 3(1), pp. 112-116.

Zaharova, O.I., Burova, O.A., Yashin, I.V., Blohin, A.A. (2023) Epizooticheskaya situaciya po brucellezu zhivotnyh v Rossijskoj Federacii (obzor) [Epizootic situation of animal brucellosis in the Russian Federation (review)], *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, vol. 24(1), pp. 20-29, URL: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.1.20-29>.

O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossijskoj Federacii v 2022 godu [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2022] (2023) Gosudarstvennyj doklad, Moscow, Russia, 368 p.

Onishchenko, G.G., Kulichenko, A.N. (eds.) (2019) *Brucellyoz. Sovremennoe sostoyanie problemy* [Brucellosis. Current state of the problem], Stavropol', Russia, 336 p.

Popov I.O. (2016) *Klimaticheski obuslovlennye izmeneniya avtekolozicheskikh arealov iksodovyh kleshchej ixodes ricinus i ixodes persulcatus na territorii Rossii i stran blizhnego zarubezh'ya* [Climate-induced changes in the autecological ranges of ixodid ticks *ixodes ricinus* and *ixodes persulcatus* in Russia and neighboring countries], Candidate's thesis, Moscow, Russia, 112 p.

Popov, I.O., Popova, E.N. (2020) Identifikatsiya klimaticheskikh usloviy, ogranichivayushchikh rasprostraneniye tayezhnogo kleshcha *Ixodes persulcatus* na territorii Rossii i sosednikh stran [Identification of climatic conditions restricting the distribution of the taiga tick *Ixodes persulcatus* in the territory of Russia and neighboring countries], *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle*, 2020, vol. 493, no. 1, pp. 94-97.

Prislegina, D.A., Dubyanskij, V.M., Platonov, A.E., Maleckaya, O.V. (2021) Vliyaniye prirodno-klimaticheskikh faktorov na epidemiologicheskuyu situatsiyu po prirodno-ochagovym infektsiyam [The influence of natural and climatic factors on the epidemiological situation of natural focal infections], *Infektsiya i immunitet*, vol. 11, no. 5, pp. 820-836.

Revich, B.A., Shaposhnikov, D.V., Galkin, V.T., Krylov, S.A., Chertkova, A.B. (2005) Vozdejstvie vysokih temperatur atmosfernogo vozduha na zdorov'e naseleniya v Tveri [The impact of high atmospheric temperatures on public health in Tver], *Gigiena i sanitariya*, no. 2, pp. 20-24.

Revich, B.A., Shaposhnikov, D.A., Semutnikova, E.G. (2008) Klimaticheskie usloviya i kachestvo atmosfernogo vozduha kak faktory riska smertnosti naseleniya Moskvy v 2000-2006 gg. [Climatic conditions and air quality as risk factors for mortality in Moscow in 2000-2006], *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*, no. 7, pp. 29-35.

Saltykov, A.N., Poznyakov, S.I. (2013) Struktura i chislennost' populyacij myshevidnyh gryzunov i ee osobennosti v pristepnyh borah bassejna r. Severskij Donec [The structure and number of populations of mouse-like rodents and its features in the steppe pine forests of the Seversky Donets River basin], *Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki*, no. 3 (146), issue 22, pp. 84-90.

Semenov, S.M., Popov, I.O., Yasyukevich, V.V. (2020) Statisticheskaya model' dlya ocenki formirovaniya klimaticheskikh ugroz po dannym monitoringa klimata [Statistical model for assessing the formation of climate threats based on climate monitoring data], *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 5, pp. 59-65, doi:10.3103/S1068373920050040.

Shartova, N.V., Shaposhnikov, D.A., Konstantinov, P.I., Revich, B.A. (2019) Temperatura vozduha i smertnost': issledovanie porogovyh znachenij zhary i chuvstvitel'nosti naseleniya na primere g. Rostov-na-Donu [Air temperature and mortality: a study of heat thresholds and population sensitivity using the example of Rostov-on-Don], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 5, no. 2, pp. 66-94, doi:10.21513/2410-8758-2019-2-66-94.

Ekologo-geograficheskiye posledstviya global'nogo potepleniya klimata XXI veka na Vostochno-Yevropeyskoy ravnine i v Zapadnoy Sibiri [Ecological and geographical consequences of global warming of the 21st century on the East European Plain and Western Siberia] (2011) In N.S. Kasimov, A.V. Kislov (eds.), MAKS Press, Russia, 496 p.

Yasyukevich, V.V., Bogdanovich, A.Yu. (2021) Klimaticheskie prediktory dlya model'nogo opisaniya klimaticheskikh arealov nekotorykh biologicheskikh vidov i ih izmenenij v usloviyah budushchego klimata [Climate predictors for model description of climatic ranges of some biological species and their changes under future climate conditions], *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, vol. 7, no. 1, pp. 117-137, doi:10.21513/2410-8758-2021-1-117-137.

Cissé, G., McLeman, R., Adams, H., Aldunce, P., Bowen, K., Campbell-Lendrum, D., Clayton, S., Ebi, K.L., Hess, J., Huang, C., Liu, Q., McGregor, G., Semenza, J., Tirado, M.C. (2022) *Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, in H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lutschke, V. Müller, A. Okem, B. Rama (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1041-1170, doi:10.1017/9781009325844.009.

López-Bueno, J.A., Díaz, J., Follos, F., Vellon, J., McNavas, M.A., Culqui, D., Luna, M.Y., Sanchez-Martinez, G., Linares, C. (2021) Evolution of the threshold temperature definition of a heat wave vs. evolution of the minimum mortality temperature: a case study in Spain during the 1983-2018 period, *Environ. Sci. Eur.*, vol. 33, p. 101, URL: <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00542-7>.

Lu, P., Zhao, Qi, Xia, G., Xu, R., Hanna, Jiang J., Li, S., Guo, Y. (2021) Temporal trends of the association between ambient temperature and cardiovascular mortality: a 17-year case-crossover study, *Environ. Res. Lett.*, 16 045004, doi:10.1088/1748-9326/abab33.

Platonov, A.E., Fedorova, M.V., Karan, L.S., Shopenskaya, T.A., Platonova, O.V., Zhuravlev, V.I. (2008) Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (Diptera: Culicidae) bionomics, *Parasitology research*, (Suppl 1), vol. 103, pp. 45-53, doi:10.1007/s00436-008-1050-0.

Saez, M., Sunyer, J., Tobias, A., Ballester, B., Antó, J.M. (2000) Ischaemic heart disease mortality and weather temperature in Barcelona, Spain, *European*

Journal of Public Health, vol. 10, issue 1, pp. 58-63, URL: <https://doi.org/10.1093/eurpub/10.1.58>.

Yin, Q., Wang, J., Ren, Z., Li, J., Guo, Y. (2019) Mapping the increased minimum mortality temperatures in the context of global climate change, *Nat. Commun.*, vol. 10, p. 4640, URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12663-y>.

Статья поступила в редакцию (Received): 29.05.2024;

Статья доработана после рецензирования (Revised): 15.07.2024;

Принята к публикации (Accepted): 08.08.2024.

Для цитирования / For citation:

Семенов, С.М., Малеев, В.В., Ревич, Б.А., Андреева, А.П., Богданович, А.Ю., Добролюбов, Н.Ю., Смирнов, В.Д. (2024) Климатическая информация для адаптационных мер в России в секторе «Здоровье населения»: краткосрочная перспектива, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 10, № 3, с. 413-438, doi:10.21513/2410-8758-2024-3-413-438.

Semenov, S.M., Maleev, V.V., Revich, B.A., Andreeva, A.P., Bogdanovich, A.Yu., Dobrolyubov, N.Yu., Smirnov, V.D. (2024) Climatic information for adaptation measures in Russia in the "Public Health" sector: a short-term perspective, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 10, no. 3, pp. 413-438, doi:10.21513/2410-8758-2024-3-413-438.