

ПАНДЕМИЯ SARS-CoV-2 КАК СИСТЕМА «ХИЩНИК–ЖЕРТВА»: БИОФИЗИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЭПИДЕМИЙ

© 2023 г. М.В. Рагульская*,#

*Институт земного магнетизма и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Калужское шоссе, 4, Троицк, Москва, 108840, Россия

#E-mail: ra_mary@mail.ru

Поступила в редакцию 29.12.2022 г.

После доработки 17.01.2023 г.

Принята к публикации 01.02.2023 г.

Рассматриваются особенности развития пандемии коронавируса в различных странах, в рамках системы «хищник–жертва» под внешним модулирующим воздействием солнечной активности. Обсуждается, что в условиях глобального минимума солнечной активности генетический состав населения оказался главным фактором различия динамики локальных эпидемий SARS-CoV-2. Страны с максимальным значением относительной смертности от коронавируса имеют доминантное население с гаплогруппой R1b. Показано совпадение динамики заболеваемости и смертности в странах с близким генетическим составом, вне зависимости от введения или отсутствия локдауна на их территории. Выявлено возникновение автоколебательных волн в небольших странах с жестким локдауном в первую волну пандемии, что привело к существенному увеличению количества жертв в последующие волны. Обсуждается, что для стран с гаплогруппой R1b всеобщая вакцинация понизила уровень относительной смертности в пять–восемь раз. Однако для стран с гаплогруппой N и R1a + N к середине 2022 года относительная смертность возросла в два–четыре раза по сравнению с 2020 годом.

Ключевые слова: пандемия SARS-CoV-2, коронавирусные заболевания, солнечная активность, система «хищник–жертва», генетический состав популяции, автоколебательные волны смертности.

DOI: 10.31857/S0006302923040191, EDN: KNJSGK

Сосуществование и взаимное изменение вирусов и людей происходит в течение всей истории человечества. Каждая следующая эпидемия вносит генетическое разнообразие, как в популяцию вирусов, так и в популяцию людей. Система динамического взаимодействия вирусов и человечества является классической системой «хищник – жертва». В этой системе вирусы проявляют себя в качестве хищников, а человечество является для них кормовой базой. В зависимости от начальных и граничных условий, нелинейности системы, а также вариативности хищников и жертв в течение пандемии каждая локальная эпидемия протекает по-разному.

Вирусы быстрее реагируют на изменения внешней среды и параметров космической погоды из-за высокой скорости изменения. Циклы солнечной активности и космической погоды оказывают модулирующее воздействие на мутации вирусов и динамику инфекционных заболеваний. В результате число инфекционных заболеваний от минимума к максимуму 11-летнего цик-

ла солнечной активности возрастает в два раза [1]. При этом число обычных заболеваний изменяется не более чем на 20–30%.

В минимуме солнечной активности основное воздействие на биосферу оказывают галактические космические лучи [2–4]. В максимуме солнечной активности возрастает биоэффективное воздействие солнечных космических лучей и вспышечной активности. Такая схема адаптации заложена в живых организмах на клеточном уровне еще с момента формирования биосферы в условиях слабого молодого Солнца, сильного экранирования солнечного излучения атмосферой ранней Земли, и высокого уровня галактических космических лучей в первый миллиард лет существования жизни на нашей планете [5, 6]. Как показали наблюдения за солнцеподобными звездами, эволюционная адаптация первых живых систем происходила в условиях пониженной светимости и повышенной радиационной опасности молодого Солнца [7, 8]. Примерно через 2 миллиарда лет Солнце вышло на режим цикли-

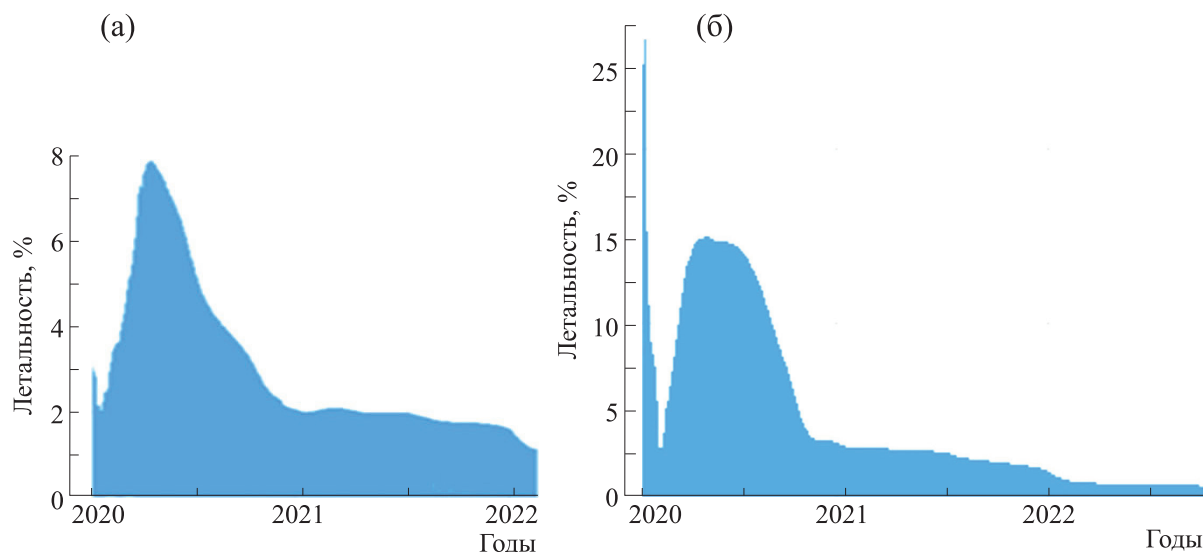


Рис. 1. Летальность от коронавирусных заболеваний за 2020–2022 годы по данным ВОЗ: (а) — данные на февраль 2022 г, (б) — данные на сентябрь 2022 г. (<https://www.who.int>).

ческой динамики. Однако эволюционные адаптационные механизмы проявляются и в современных живых системах, от дрожжевых клеток до человека [5, 9].

В настоящее время вирусные пандемии в основном происходят в экстремумах солнечной активности, в зависимости от соотношения фаз 11-летнего цикла и столетнего цикла. За последние 270 лет развитие пандемий характерно в максимумах 11-летнего цикла солнечной активности при высоких значениях чисел Вольфа (выше 140), если при этом наблюдается фаза роста или максимум квазистолетнего цикла солнечной активности. В низких циклах солнечной активности (значения 100–120 средних годовых чисел Вольфа), развитие пандемий наблюдается как в максимумах, так и в минимумах 11-летнего цикла солнечной активности [10]. Пандемии SARS 2002–2003 гг. и пандемия SARS-Cov-2 2019–2022 гг. являются яркими представителями пандемий при низкой общей солнечной активности в минимуме квазистолетнего цикла. Солнечная активность 2018–2019 гг. была крайне низкой, наблюдался глубокий общий минимум. Пятенная активность Солнца иногда отсутствовала в течение нескольких недель. В феврале 2019 г. уровень коротковолнового излучения Солнца упал ниже порога чувствительности приборов, уменьшившись на два порядка (почти в 100 раз). Существенно сократилась толщина озонового слоя. Атмосфера и биосфера находились под активным воздействием галактических космических лучей. Новый 25-й цикл принято отсчитывать от декабря 2019 г., однако весь 2020 г. число солнечных пятен не превышало 10.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы данные о солнечной и геомагнитной активности с сайта ИЗМИРАН (<https://www.izmiran.ru/data>).

Также использованы открытые данные об относительной заболеваемости и смертности от коронавируса по различным странам с сайта Университета Джона Хопкинса (<https://coronavirus.jhu.edu>).

ПАНДЕМИЯ SARS-Cov-2. ГЕНОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Для обсуждения локальных эпидемий коронавируса нужно выбрать статистические параметры, позволяющие максимально объективно провести сравнение данных по разным странам. До окончания пандемии сложно использовать для этих целей такой общепринятый параметр как летальность.

Данные ВОЗ по летальности за 2020 г., выложенные в открытый доступ в феврале 2022 г. и в сентябре 2022 г., отличаются между собой более чем в два раза (рис. 1).

Так, судя по графику февраля 2022 г., максимальная летальность наблюдалась в середине 2020 г. и имела значение 8% (летальность — отношение числа умерших от определенного заболевания за определенный период времени к общему числу людей, имевших тот же диагноз в рамках того же периода времени). А в графике, представленном в сентябре 2022 г., максимальная летальность регистрировалась в первые дни пандемии и составляла более 25%. Пик летальности в середине 2020 г. тоже присутствует и составляет уже 15%

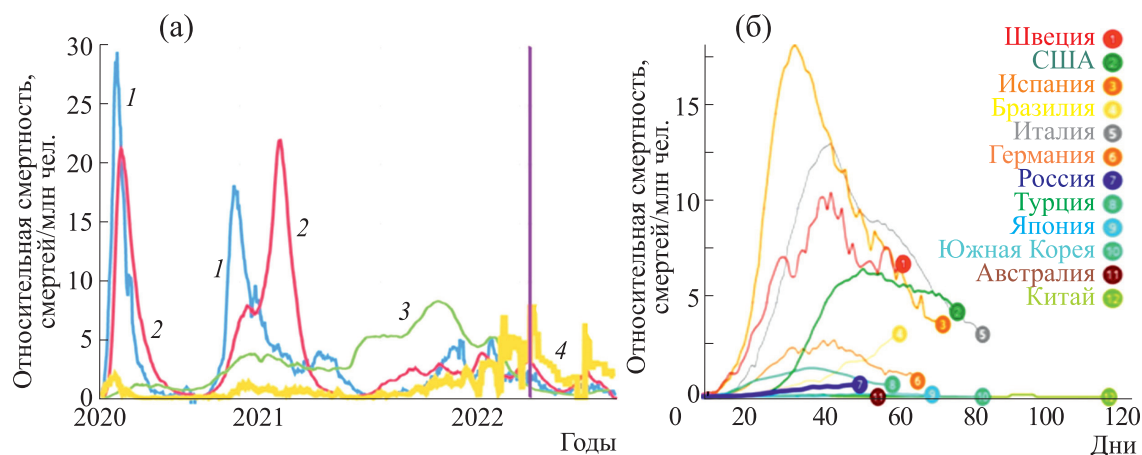


Рис. 2. (а) — Относительная смертность по европейским странам с гаплогруппами R1b, R1a и N от начала пандемии и до настоящего времени. Цифрами отмечены страны: 1 — Бельгия (гаплогруппа R1b, пиковая относительная смертность 30); 2 — Великобритания (гаплогруппа R1b, пиковая относительная смертность 22); 3 — Россия (гаплогруппы R1a + N, пиковая относительная смертность 8); 4 — Финляндия (гаплогруппа N, пиковая относительная смертность 7). Вертикальной линией отмечена пиковая смертность в Финляндии. (б) — Относительная смертность в разных странах мира первые 80 дней со времени регистрации в каждой стране более 10 смертей.

вместо 8%, декларированных полугодом ранее (напомним, что столь существенные расхождения касаются не текущих данных, а данных событий двухлетней давности). Проводить аналитику, опираясь на столь не совпадающие данные о летальности, весьма затруднительно. Поэтому для исследования автором были выбраны более стабильные данные медицинской статистики: относительная заболеваемость и относительная смертность в отдельных странах (число случаев на миллион человек).

При рассмотрении динамики этих параметров за 2020–2022 гг. выяснилось, что динамика заболеваемости и смертности от коронавируса сильно зависит от степени варибельности жертв, в частности, от генетического состава населения. На рис. 2б представлена относительная смертность в разных странах мира уже в первые 80 дней локальных эпидемий коронавируса от момента регистрации в каждой стране более 10 смертей.

Как видно из графика, значения смертности в России, Финляндии, Германии, Китае, Южной Корее, Японии, Австралии не превышали 4. В это же время показатели в западноевропейских странах (Испания, Швеция, Италия, Испания, Великобритания) и США доходили до значений 18–20, а в Бельгии достигли 30. Эта тенденция сохранилась до середины 2021 г. На рис. 2а представлена динамика относительной смертности в Бельгии, Великобритании, России и Финляндии. Великобритания и Бельгия имеют население с доминантной гаплогруппой R1b, для Финляндии характерно население с гаплогруппой N. Население европейской части России представляет собой сложную смесь гаплогрупп. Однако основ-

ными являются гаплогруппы R1a и N, в сумме их носителями являются более 50% российских мужчин. Наблюдается преобладание гаплогруппы R1a на юге и в центре, а также увеличение удельной доли гаплогруппы N на северо-западе европейской части страны.

В работе [11] приведена карта распределения гаплогрупп в Европе, а также относительная смертность по странам. В работе показано, что относительная смертность убывает при перемещении на северо-восток Европы, а страны с максимальным значением относительной смертности от коронавируса имеют доминантное население с гаплогруппой R1b. Таким образом, в пандемию Covid-19 разница в относительной смертности на 1 млн человек в основных европейских гаплогруппах R1b, R1a, I, N составляла более десяти раз в первую волну и до трех-пяти раз в течение последующих волн (рис. 2б). Надо отметить, что для обычного гриппа различия в смертности этнических групп составляют не более двух раз. По-видимому, такое существенное геногеографическое различие локальных эпидемий характерно именно для пандемий глобального минимума солнечной активности [1, 11].

Население Восточной Европы и европейской части России имеет преимущественное население с гаплогруппой R1a. Иран, Индия, Германия и Швеция также имеют часть населения с гаплогруппой R1a. В этих странах наблюдалось большое количество заболевших без смертельных исходов болезни, а также бессимптомных больных. Средний уровень относительной смертности для стран с R1a составлял около 5, а максимальные значения не превышали 8. При этом еще раз не-

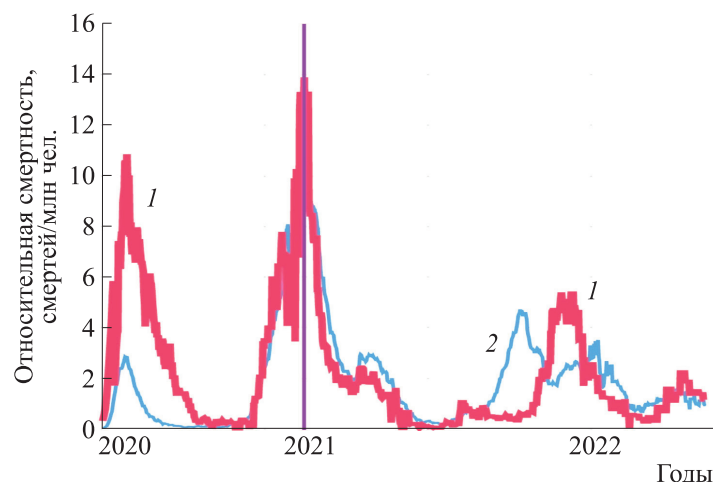


Рис. 3. Относительная смертность по странам с близким генетическим составом населения с гаплогруппами R1b+R1a+I за 2020–2022 гг.: 1 — Швеция, без локдауна; 2 — Германия, локдаун вводился дважды.

обходимо подчеркнуть, что уровень медицины и доступность медицинского обслуживания в странах Западной Европы значительно выше, чем в Иране или Индии, однако уровень смертности от Covid-19 в неевропейских странах был ниже до пяти раз. На северо-западе России население с гаплогруппой R1a наполовину замещается населением с гаплогруппой N. Население Финляндии также имеет население с гаплогруппой N. В гаплогруппе N наблюдалась самая низкая относительная смертность среди европейских стран. До начала массовой вакцинации ее значения не превышали 2–4 [11].

На рис. 2а представлена относительная смертность по европейским странам с гаплогруппами R1b, R1a и N от начала пандемии и до настоящего времени (2020–2022 гг.). Пиковые значения относительной смертности в странах с гаплогруппой R1b многократно превышали эти значения в странах с R1a и N (до начала всеобщей вакцинации). Соотношение заболеваемости в гаплогруппах R1b : R1a : N в первую и вторую волны коронавируса (до начала всеобщей вакцинации в декабре 2020 г.) составляло примерно 7 : 2 : 1 и практически не зависело от строгости карантинных мер и уровня медицинского обслуживания населения [11].

Итак, пандемия Covid-19 наиболее серьезна в странах с доминирующей гаплогруппой R1b. В первые две волны коронавируса разница в относительной смертности между странами с гаплогруппой R1b и R1a различалась в пять-семь раз (значения 16–30 в Португалии, Бельгии, Великобритании, Италии, Испании, Франции, Швейцарии против значений 3–6 в России, Иране, Индии) [11].

Выраженные геногеографические различия в динамике заболеваемости и смертности от Covid-

19 могут быть обусловлены эволюционными процессами адаптации различных этнических групп к коронавирусу в различных регионах земного шара. В работе [12] рассматриваются генетические мутации в легких, кишечнике и сосудах, приобретенные населением Азии после постоянного контакта с коронавирусами во время пандемий от 20 до 5 тыс. лет назад. В работе [13] показано, что лейкоцитарные антигены носителей гаплогруппы R1a более эффективно предотвращают репликацию коронавируса, чем антигены гаплогруппы R1b. Это может быть связано с тем, что гаплогруппа R1b первой ушла из Азиатского региона более 20 тыс. лет назад, и не успела приобрести эволюционные мутации, найденные в работе [12].

ПАНДЕМИЯ SARS-Cov-2. ГЕНОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКДАУНОВ

По данным ВОЗ, попытки контролировать распространение пандемии Covid-19 с помощью локдаунов оказались крайне неэффективными (менее 1% в первую волну). Непосредственное сравнение развития локальных эпидемий в странах, введших локдаун, и в странах без локдауна показывает идентичность динамики заболеваемости и смертности при условии схожести генетического состава населения. На рис. 3 представлена относительная смертность в Швеции (основные гаплогруппы I1+R1b+R1a) и Германии (основные гаплогруппы R1b+ I1 +R1a), порядок гаплогрупп приведен в соответствии с убыванием удельного веса гаплогрупп в составе населения. Вертикальной линией выделен пик относительной смертности в начале 2021 г. со значением 12–14 для обеих стран. Нужно отметить, что страны

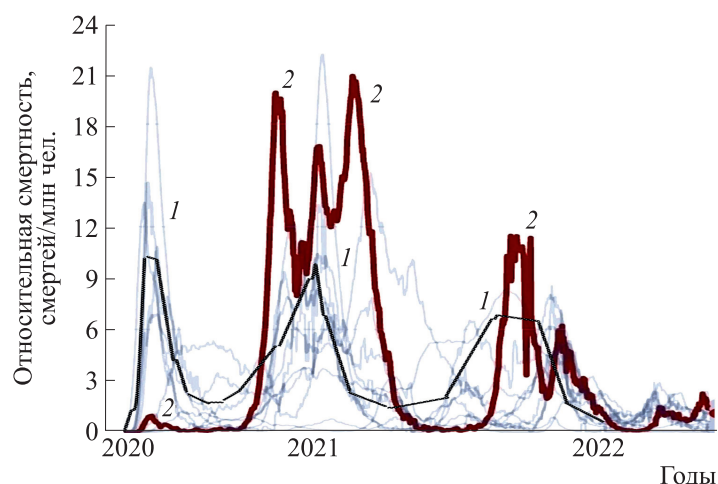


Рис. 4. Динамика относительной смертности в Чехии (кривая 2) и усредненная кривая динамики смертности для стран со смешанным населением гаплогрупп R1a и R1b (кривая 1).

не являются соседями, при этом Германия вводила локдаун дважды, Швеция не вводила локдаунов. Но эти страны очень близки по генетическому составу населения. В результате динамика относительной смертности в Швеции и Германии оказалась практически идентичной после первой волны коронавируса. Более того, она в два-четыре раза ниже, чем у ближайших соседей Германии (Франции, Бельгии, и Италии).

Сравним динамику смертности в европейских странах с доминантной гаплогруппой R1b (рис. 2а) и в Швеции со смешанным населением (рис. 3). Относительная смертность в Швеции (гаплогруппы I1+R1b+R1a) без введения локдауна даже в первую волну Covid-19 оказалось меньше в полтора-два раза, чем в странах с доминантной гаплогруппой R1b (Италия, Великобритания, Франция, Бельгия, Португалия, Испания).

Эти факты подтверждают вывод о существенной исторической роли генетического разнообразия жертв коронавируса в динамике пандемии, происходящей в глобальном минимуме солнечной активности.

ПАНДЕМИЯ SARS-CoV-2. АВТОВОЛНЫ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ КАК ПРИМЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ «ХИЩНИК—ЖЕРТВА»

Еще одним классическим эффектом взаимодействия в системе «хищник—жертва» является возникновение усиленных автоколебательных волн (вместо волн затухания) при введении ограничений перемещения жертв (при не слишком большой территории проживания жертв). Во время пандемии коронавируса этот эффект проявился в небольших странах, которые смогли полностью предотвратить проникновение коронавиру-

са на свою территорию в первую волну благодаря жестким локдаунам. В результате во вторую и последующие волны пандемии, вместо острого короткого всплеска заболеваемости и смертности наблюдались наложенные друг на друга длительные самоподдерживающиеся осцилляции. При этом их высота примерно в два раза превышала уровень смертности в странах с родственным генетическим составом.

Примером того, как жесткий карантин и небольшая территория порождают автоколебательные волны заболеваемости и смертности вместо волн затухания, являются Грузия, Израиль, Португалия. Автоволны увеличенной продолжительности и высоты наблюдаются также для Чехии. На рис. 4 приведена динамика реальной относительной смертности в Чехии с смешанным населением гаплогрупп R1a и R1b за 2020–2022 годы (кривая 2) и усредненная условная кривая динамики смертности, характерная для стран со смешанным населением гаплогрупп R1a и R1b (кривая 1).

Реальная величина относительной смертности для Чехии составила 18–23 против ожидаемых значений 6–12 для идентичного по генетическому составу населения других стран.

Из рис. 3 можно сделать приблизительную оценку излишних людских потерь. Чехия и Грузия с жестким локдауном потеряли примерно в три раза больше населения в течение локальных эпидемий коронавируса в течение 2020–2022 гг., чем страны аналогичного генетического состава. В результате Грузия, Чехия и Словакия вошли в первую десятку стран мира по количеству умерших от коронавируса и коронавирусных осложнений на 1 миллион населения.

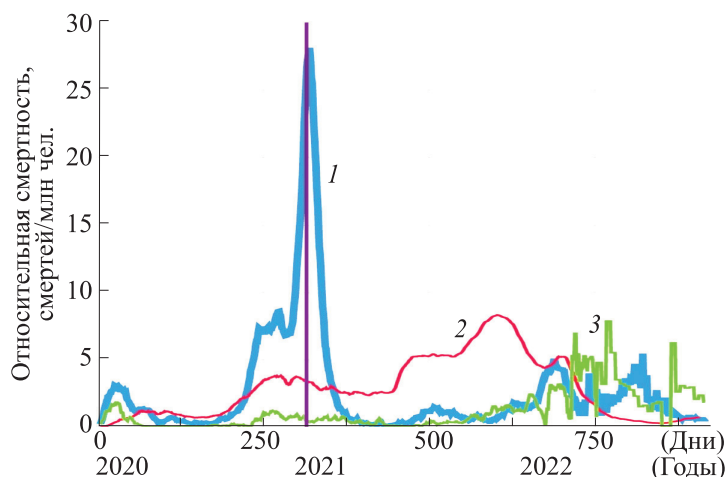


Рис. 5. Относительная смертность в Португалии (R1b), России (гаплогруппа R1a + N) и Финляндии (гаплогруппа N) в 2020–2022 гг.: кривая 1 – Португалия, кривая 2 – Россия, кривая 3 – Финляндия. Вертикальной чертой выделен аномально высокий пик смертности в Португалии.

Таким образом, социальное регулирование в виде введения жестких локдаунов оказалось не самым эффективным способом борьбы с распространением заболевания и минимизацией жертв. Более того, в небольших странах с жестким локдауном наблюдалось возникновение автоколебательных волн заболеваемости и смертности. Предотвращение проникновения коронавируса на территорию страны в первую волну пандемии обернулось увеличением высоты и продолжительности последующих волн коронавируса, с возможным увеличением совокупных потерь среди населения до двух-четырех раз.

ВАКЦИНАЦИЯ. ГЕНОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Генетические и популяционные особенности населения существенно сказались и на успешности массовой вакцинации от коронавируса. На рис. 2а вертикальной чертой выделен уровень смертности в Великобритании, Бельгии, Финляндии и России в середине 2022 г.. Основным фактором, повлиявшим на динамику заболеваемости и смертности в различных странах, безусловно, является приобретение человечеством коллективного иммунитета к заболеванию, путем массовой вакцинации и увеличением числа успешно переболевших граждан.

Видно, что вакцинация положительно сказалась на динамике относительной смертности населения большинства европейских стран, значительно уменьшив ее в третьей и последующие волны для территорий с доминантной гаплогруппой R1b (до пяти-восьми раз). Однако относительная смертность для регионов с преобладанием населения гаплогруппы N (Финляндия, северные

районы России) возросла в два-четыре раза (рис. 2а и 5). На рис. 5 представлены данные по относительной смертности за 2020–2022 гг. в еще одной стране с доминантной гаплогруппой R1b – Португалии. Они интересны тем, что соединили в себе оба рассматриваемых в предыдущих параграфах процесса. Страна продемонстрировала аномально высокую относительную смертность в 2021 г. (даже для своей гаплогруппы R1b), причем уже после успешного подавления первой волны коронавируса в 2020 г. путем жесткого локдауна.

После массовой вакцинации к середине 2021 г. относительная смертность в Португалии упала более чем в десять раз. Однако к началу 2022 г. опять наметился подъем до значений, характерных для родственной гаплогруппы R1a в начале пандемии до вакцинации. При этом уровень вакцинации населения и в Финляндии, и в большинстве европейских стран, и в рассматриваемых Португалии, Бельгии и Великобритании практически совпадают (и составляют более 80%). Однако если в Великобритании уровень смертности к концу 2021 г. упал почти в восемь раз, то в Финляндии он, наоборот, вырос. При этом вакцинация населения осуществлялась одними и теми же вакцинами. И наоборот, Финляндия и Россия проводили массовую вакцинацию своих граждан различными вакцинами. Страны имеют разную плотность и возрастной состав населения, но динамика смертности в обеих странах совпадает, и имеет тенденцию к двукратному увеличению относительной смертности к 2022 г. по сравнению с 2020 г. Единственный совпадающий фактор: обе эти страны имеют в составе населения гаплогруппу N. Этот факт еще раз подтверждает вывод о существенной роли генетического состава населения для достижения коллективного иммунитета и

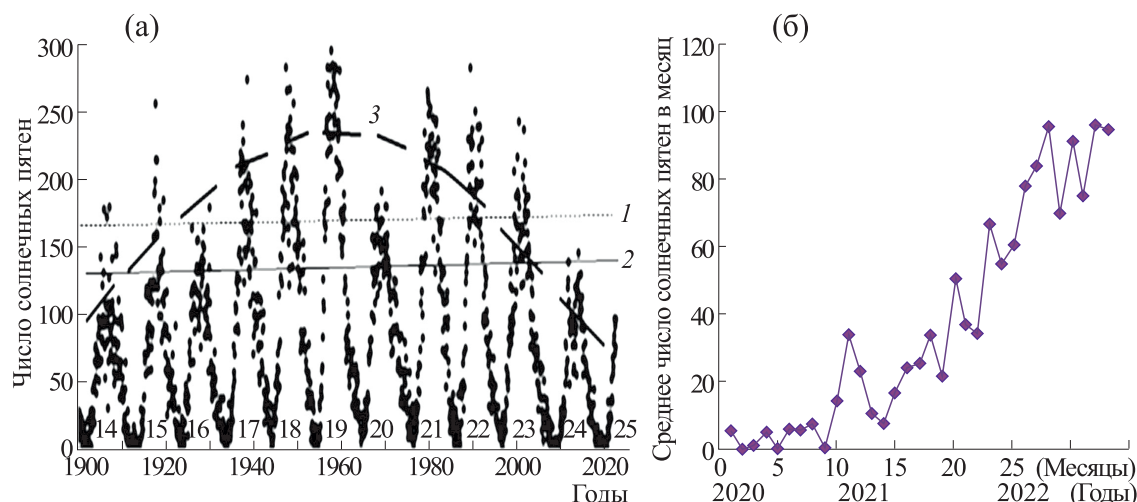


Рис. 6. (а) — Число солнечных пятен. Цифрами обозначены условные кривые: 1 — высокие циклы солнечной активности с развитием пандемий в максимуме 11-летнего цикла; 2 — низкие циклы солнечной активности с развитием пандемий в максимуме, и в минимуме 11-летнего цикла; 3 — квазистолетний цикл солнечной активности. (б) — Среднее число солнечных пятен по месяцам в 2020–2022 гг., развитие 25-го цикла солнечной активности.

успешности массовой вакцинации. Вакцинация также сместила контингент заболевших с активно вакцинированного возрастного населения на невакцинированный контингент более младшего возраста и детей.

В объяснении нуждается и еще один момент: к середине 2022 г. относительная смертность в европейских странах с гаплогруппой R1b опять выросла (рис. 2а и 5). Ее уровень поднялся до значений, характерных для гаплогрупп R1a и R1a+N до начала массовой вакцинации. Разброс в относительной смертности выровнялся на уровне разницы в два-три раза в различных странах к концу 2022 года (вместо первоначальных десяти-пятнадцати раз в апреле 2020 г.). Одним из факторов, способствующих такому «выравниванию», могла оказаться солнечная активность.

ПАНДЕМИЯ SARS-Cov-2 И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Солнечная активность, резко возросшая к концу 2022 г., может являться фактором возможного выравнивания относительной смертности по различным странам. Как обсуждалось выше, при значениях чисел Вольфа выше 150 пандемии в основном развиваются в максимумах 11-летнего цикла, а в циклах солнечной активности со значениями ниже 120 пандемии могут начаться как в максимуме, так и в минимуме цикла. На рис. 6а представлен последний квазивековой цикл солнечной активности с 1900 г. Горизонтальными линиями отмечены значения чисел Вольфа, критические для смены режима возникновения пандемий. Как видно из рис. 6, начало пандемии SARS-Cov-2 пришлось на глубокий минимум

солнечной активности, когда совпали минимумы и квазистолетнего цикла, и 11-летнего цикла. В этих условиях основная биоэффективная регуляторная роль принадлежит галактическим космическим лучам и процессам взаимодействия этих лучей с атмосферой Земли. Однако к концу 2021 г. солнечная активность возросла более чем в десять раз (рис. 6а), и существенное воздействие на биосферу начали оказывать солнечные вспышки. Этот фактор тоже мог оказать некоторое влияние на эффективность вакцин, разработанных и протестированных в условиях низкого уровня солнечной активности. С ростом солнечной активности для стран с доминантной гаплогруппой R1b эффективность массовой вакцинации снижается в два-три раза. В настоящее время относительная смертность в странах с доминантной гаплогруппой R1b (например, в Великобритании и Бельгии) приближается к значениям смертности в странах с доминантными гаплогруппами (N, R1a и N+R1a) в первую-вторую волны коронавируса.

Рассмотренные процессы геногеографических различий локальных эпидемий, массовая вакцинация населения и смена глобального биотропного фактора внешней среды к 2022 г. привели к выравниванию соотношения относительной смертности в различных гаплогруппах до стандартного коэффициента около двух, характерного для обычного гриппа.

Таким образом, факторы космической погоды в основном влияют на динамику размножения и мутаций хищников (вирусов), а успех медицины в борьбе с болезнями проявляется в дополнительном контролирующем факторе числа жертв. Ак-

тивное медицинское вмешательство является безусловным благом для отдельных людей. Однако на уровне человечества как вида такое вмешательство искусственно снижает естественную конкуренцию среди жертв, и ускоряет эволюцию вируса. Так, вирус SARS-Cov-2 в течение 2020–2022 г., в ходе борьбы с массовой вакцинацией, набрал количество мутаций, сравнимое с его естественной эволюцией за 5 тыс. лет. В ближайшие два года предполагается усиление солнечной активности и достижение максимума 11-летнего цикла солнечной активности. Однако в долгосрочной перспективе общая солнечная активность скорее всего останется низкой еще несколько циклов, возможно вплоть до 2050–2060 гг. [11]. В этих условиях возможно возникновение пандемий каждые пять–шесть лет, в максимуме и в минимуме 11-летнего цикла солнечной активности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Начало пандемии SARS-Cov-2 пришлось на глобальный минимум солнечной активности, когда совпали и минимум квазистолетнего цикла солнечной активности, и минимум 11-летнего цикла. Как показала статистика заболеваемости и смертности от коронавируса 2020–2022 гг., развитие пандемии в этих условиях внешней среды сильно зависит от генетического состава населения. Уровень заболеваемости, смертности и эффективности вакцинации в пандемии Covid-19 в основном определяется не медицинскими или карантинными мерами, а доминирующей гаплогруппой населения конкретной страны. В 2020–2022 гг. регистрируется совпадение динамики заболеваемости и смертности в странах с близким генетическим составом. Заболеваемость и смертность населения на территориях со схожим генетическим составом практически совпадает, причем вне зависимости от введения или отсутствия локдауна в стране (например, идентична в Германии с локдауном и в Швеции — без локдауна). Пандемия Covid-19 оказалась наиболее тяжелой в странах с доминирующей гаплогруппой R1b. В первые две волны коронавируса разница в относительной смертности между странами с гаплогруппой R1b и R1a различалась в пять–семь раз (значения 16–30 в Португалии, Бельгии, Великобритании, Италии, Испании, Франции, Швейцарии против значений 3–6 в России, Иране, Индии). Возможно, что геногеографические особенности локальных эпидемий Covid-19 зависят от эволюционных мутаций в лейкоцитарных антигенах различных гаплогрупп, а также от частоты встреч каждой из гаплогрупп с коронавирусами в глубоком историческом прошлом.

Социальное регулирование в виде локдаунов оказалось не самым эффективным способом

борьбы с распространением заболевания и минимизацией жертв. Более того, в небольших странах с «жестким» локдауном наблюдалось возникновение автоколебательных волн. Строгие локдауны активируют негативные последствия для человеческой популяции в системе «коронавирус — человечество» (система «хищник — жертва»), с увеличением совокупных дополнительных потерь населения до трех–четырех раз. К 2022 г. вместо ожидаемых затухающих волн сформировались устойчивые автоколебательные волны заболеваемости и смертности от Covid-19. Особенно ярко эта тенденция проявилась в странах с ограниченным размером территории и жестким локдауном в первую волну коронавируса (Португалия, Чехия, Грузия, Израиль). При этом последующие волны коронавируса были примерно в 3 раза дольше, а смертность — в два раза выше, чем в странах с генетически родственным населением в условиях мягкого локдауна.

Успешность вакцинации в каждой стране также зависит от доминантной гаплогруппы населения. Для стран с гаплогруппой R1b всеобщая вакцинация оказалась очень эффективной, она понизила уровень относительной смертности в пять–восемь раз в течение года после начала. Однако для стран с гаплогруппой N и R1a + N к середине 2022 г. относительная смертность возросла в два–четыре раза по сравнению с 2020 г. К сожалению, эффект от вакцинации в странах с гаплогруппой R1b также снизился к середине 2022 г. Возможно, это связано, в том числе, и с ростом солнечной активности в процессе развития 25-го цикла. Влияние этих разнонаправленных процессов на пандемию коронавируса в максимуме 25-го цикла солнечной активности требует дальнейшего изучения.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая работа не содержит исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. Ragulskaia, J. Nov. Physiother. Phys. Rehabil., 7 (1), 031 (2020).
2. D. Atri and A. Melot, Astroparticle Physics, 53, 186 (2012).
3. V. Obridko, M. Ragulskaia, and E. Khramova, J. Atmospher. Solar-Terrestr. Physics, 208, 105395 (2020).

4. N. Belisheva, H. Lammer, H. Biernat, and E. Vashenuyk, *Trans. Astrophys. Space Sci.*, 8, 7 (2012).
5. M. V. Ragulskaya, V. N. Obridko, and E. G. Khramova, *Biophysics*, 65 (4), 686 (2020).
6. V. Obridko and Yu. Nagovitsyn, *Solar activity, cyclicity and forecasting methods* (VVM, Saint-Petersburg, 2017).
7. M. M. Katsova, B. A. Nizamov, A. A. Shlyapnikov, *Geomagnetism and Aeronomy*, 62 (7), 903 (2022).
8. M. Güdel, *Living Rev. Solar Phys.*, 4 (3), 137 (2007).
9. E. Gromozova, et al., *Sun and Geosphere*, 7 (2), 117 (2012).
10. M. H. Nasirpour, A. Sharifi, M. Ahmadi, and S. J. Ghouschi, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 28, 38074 (2021).
11. M. Ragulskaya, *Open Astronomy*, 30 (1), 149 (2021).
12. A. Nguyen, et al., *J. Virol.* 94 (13), e00510 (2020).
13. Y. Souilmi, et al., *Curr. Biol.*, 31 (16), 3504 (2021).
14. V. Ishkov, *Space Research*, 55 (6), 391 (2017).

SARS-CoV-2 Pandemic as a “Predator–Prey” Model: Biophysical, Social and Heliophysical Factors of the Spread of Local Epidemics

M.V. Ragulskaya

Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Russian Academy of Sciences, Kalujskoe shosse 4, Troitsk, Moscow, 108840 Russia

This paper considers the peculiarities of the spread of the coronavirus pandemic in different countries within a “predator–prey” model under the influence of external modulation of solar activity. This paper presents a discussion focusing on the genetic composition of the population that turned out to be the main factor in differentiation of the dynamics underlying local transmissions of SARS-CoV-2 spreading under the influence of the global minimum of solar activity. In countries where relative mortality due to coronavirus is the highest, there is a tendency of dominance of haplogroup R1b among the population. It was shown that the dynamics of morbidity and mortality in countries the populations of which are genetically similar, irrespective of the introduction or absence of COVID-19 lockdowns on their areas, are the same. As the first wave of the pandemic progressed, the emergence of self-oscillatory waves in small countries with a hard lockdown was revealed leading to a significant increase in the number of victims in subsequent waves. This paper discusses the results of universal vaccination in countries with haplogroup R1b after which the level of relative mortality lowered by 5–8 times. However, in countries with haplogroup N and R1a + N, by mid-2022, relative mortality increased by 2–4 times compared to 2020.

Keywords: SARS-CoV-2 pandemic, coronavirus disease, solar activity, “predator–prey” model, genetic composition of the population, self-oscillatory waves of mortality