

DOI: 10.51981/2588-0039.2021.44.045

## COVID-19: ОСОБЕННОСТИ ПАНДЕМИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО МИНИМУМА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

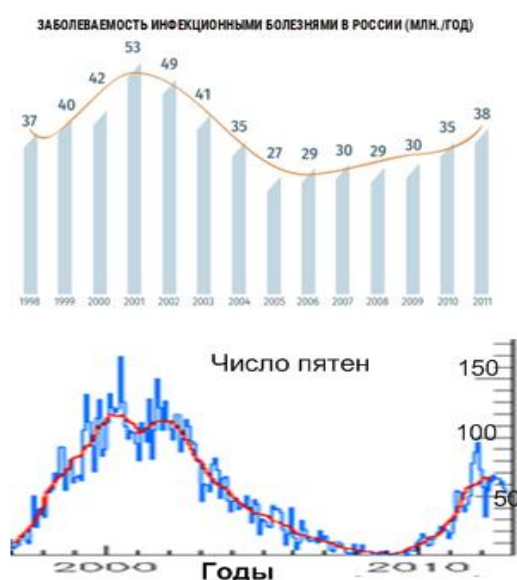
М.В. Рагульская

ИЗМИРАН, Москва, Россия; e-mail: ra\_mary@mail.ru

**Аннотация.** В 2019-2020 годах наблюдался одновременный глубокий минимум квази-столетнего и минимум 11-летнего цикла солнечной активности. Это сказалось на эпидемиологической обстановке в мире и особенностях течения пандемии COVID-19. Существуют дополнительные факторы внешней среды и особенностей генетики населения в каждом конкретном регионе, которые могут ускорить развитие локальной эпидемии, а также увеличить тяжесть ее протекания и уровень летальности. В докладе рассматриваются три основных фактора, модулирующих развитие пандемии: динамика солнечной активности и галактических космических лучей, геногеографическое распределение населения (в частности, характерные для данной местности гаплогруппы), и температурный режим окружающей среды. Текущая пандемия COVID-19 наиболее тяжело протекает в странах с доминантной гаплогруппой R1b. На европейской территории России доминантной гаплогруппой является R1a, для которой оказалось характерно быстрое развитие эпидемии при низкой летальности и большом количестве бессимптомных больных. В северных областях России удельный вес R1a сокращается почти вдвое, уступая место гаплогруппе Nc1. Различия в генетическом составе населения может объяснить существенную разницу развития первой волны эпидемии COVID-19 в Москве и Санкт-Петербурге, а также особенности вакцинации и приобретения коллективного иммунитета в различных странах и регионах (необходимо вакцинировать около 80% для гаплогруппы R1b против 40% для гаплогруппы N).

В ближайшие 30 лет предполагается сохранение крайне низкой солнечной активности. В этих условиях можно ожидать двукратное увеличение числа пандемий (каждые 5-6 лет вместо 10-11 лет) с выраженными геногеографическими отличиями в развитии локальных эпидемий.

**Ключевые слова:** пандемии гриппа, SARS-CoV-2, гаплогруппы R1b и R1a, экстремумы солнечной активности, ультрафиолетовое излучение, космические лучи



**Рисунок 1.** Число инфекционных заболеваний в России по годам (млн человек) и динамика солнечной активности за 1998 -2011 годы (Рагульская М.В., 2019).

### Солнечная активность и пандемии гриппа.

Солнечная активность и интенсивность УФ-излучения имеют периоды различной длительности, из которых наибольшее эпидемиологическое значение имеют около 11-летний цикл и около-100 летний цикл динамики. Такая же цикличность характерна для космических лучей. Регуляторные механизмы биосферы откликаются как на высокие, так и на низкие периоды солнечной активности (СА), меняется только удельный вклад основных действующих факторов космической погоды [1]. Во время кратковременных вариаций СА (период – несколько дней) основными биотропными факторами являются скорость изменения параметров и частотный состав возмущений, в более долговременной перспективе (до 10 лет) – длительность максимума или минимума. В максимуме СА существенным оказывается вклад вариаций геомагнитного поля, вариаций ультрафиолетового излучения Солнца и солнечных космических лучей, а в минимуме на роль основного регуляторного биотропного фактора претендуют галактические космические лучи.

Статистика инфекционных заболеваний внутри 11-летнего цикла показывает почти двукратное увеличение числа заболевших в максимуме солнечной активности (Рисунок 1).

В России в 2001 году, являющемся максимумом 23 цикла солнечной активности (Max 23) число заболевших инфекционными заболеваниями составило 53 миллиона человек (данные Федеральной службы государственной статистики России). В затянувшемся минимуме СА между 23 и 24 циклами (min 24) в 2006-2010 годах количество заболевших держалось на уровне 27-30 миллионов человек. На Рисунке 1 видно практически точное временное совпадение динамики обоих процессов. По-видимому, в России, в стране с плохим климатом, постоянная зависимость числа инфекционных заболеваний от фазы цикла солнечной активности проявляется особенно ярко.

В 20 веке все пандемии гриппа происходили в максимумах солнечной активности, в 19 и 21 веке – только в максимумах и минимумах солнечной активности. Рассмотрим период с 1890 по 2020 годы. В последние 130 лет, совпавшие с бурным развитием современных принципов организации медицины и эпидемиологии, наблюдался период достаточно высокой общей долгопериодной активности Солнца. Поэтому и с медицинской точки зрения, и с точки зрения солнечно-земной физики будет корректно рассмотрение пандемий именно за период с 13 по 25 солнечный цикл. При сопоставлении данных динамики солнечной активности и пандемий этого периода можно отметить:

1. Четкие границы начала и конца пандемий присутствуют только у пандемий гриппа и некоторых эпидемий тифа. Все пандемии гриппа развивались только в экстремумах 11-летнего цикла солнечной активности.

2. При общем высоком уровне солнечной активности все пандемии гриппа 20 века приходятся на максимумы 11-летних циклов солнечной активности. Пандемии тифа 1847-1848 гг, 1899 г, и гражданской войны 1918-1919 г также приходятся на максимум солнечной активности.

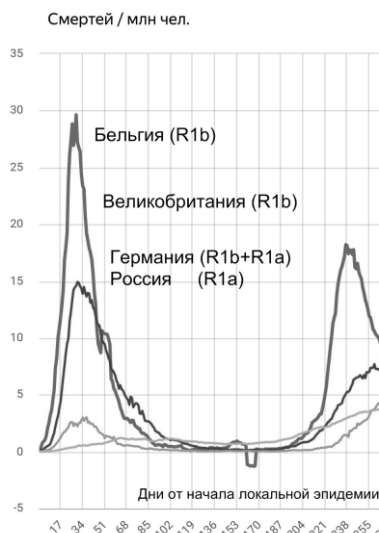
3. На фазах роста и спада длиннопериодного максимума солнечной активности в 19 и 21 веках в условиях более низких циклов СА пандемии развивались и в минимумах солнечной активности (пандемия гриппа 1889-1990 годов, пандемия свиного гриппа 2009 года, пандемия COVID-19 2019-2020 годов).

В Таблице 1 представлены годы пандемий и штаммов гриппа и соответствующие им экстремумы солнечной активности. Можно предположить, что оптимальная адаптация организма человека происходит на фазах роста и спада солнечной активности за счет постоянной активации иммунитета градиентом факторов внешней среды. В максимуме СА организм находится в фазе гиперкомпенсации, а в минимуме уходит ниже порога чувствительности, и не успевает вовремя и адекватно отреагировать на внедрение вируса. При этом как очень высокая, но постоянная солнечная активность в максимуме, так и длительное постоянное отсутствие значительных вариаций геомагнитного поля и излучения Солнца в минимуме активности способствуют перерастанию локальных эпидемий в пандемию.

**Таблица 1.** Пандемии гриппа 19-21 веков и соответствующие им экстремумы солнечной активности. Обозначения: максимум цикла номер 23 – Max 23; минимум между 23 и 24 циклами СА – min 24 (Из работы [2]).

Годы	Заболевание	Фазы цикла СА
1889-1890	Грипп	min13
1918-1920	Испанский грипп, H1N1	Max15
1957-1958	Азиатский грипп, H2N2	Max19
1968-1970	Гонконгский грипп	Max20
1995-1996	Грипп	min23
2002-2003	SARS, SARS-CoV	Max23
2004-2005	Грипп	Max23
с 2004	Птичий грипп, H5N1	Max23
2009-2010	Свиной грипп, H1N1	min24
2019	COVID-19, SARS-CoV-2	min25

Резкое ухудшение эпидемиологической ситуации и возникновение в 20 веке пандемий гриппа в максимумах цикла солнечной активности может быть соотнесена с увеличением мутаций вируса гриппа под влиянием вариаций ультрафиолетового излучения. Мягкий ультрафиолет Солнца проходит через атмосферу и участвует в биосферных процессах. Вариации УФ на длине волны 2000 А составляют до 7% в течении 11-летнего цикла, вариации на более коротких длинах волн могут достигать до 50%. Общее изменение интенсивности излучения Солнца на всех длинах волн не велико, и составляет около 0,1%.

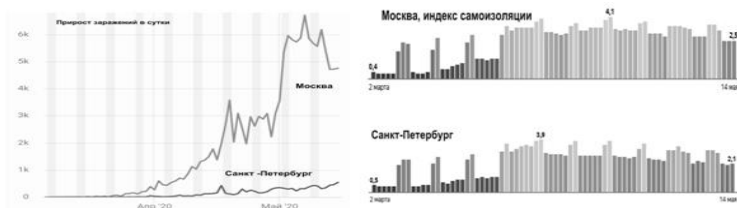


**Рисунок 2.** Развитие пандемии COVID-19 в различных странах до начала массовой вакцинации, в расчете на 1 миллион населения: число смертей в странах с гаплогруппами R1b и R1a (на базе данных Johns Hopkins University).

В годы максимума СА основным мутагенным фактором является УФ-излучения Солнца и солнечные космические лучи. В годы минимума солнечной активности, при минимальном уровне ультрафиолета, на первый план выходят галактические процессы. Существенным биотропным фактором оказываются вариации галактических космических лучей [3]. При длительном отсутствии рентгеновских вспышек и пониженной интенсивности УФ-излучения Солнца во время затянувшихся минимумов (например, в 2008-2009 годах) озоновый слой атмосферы Земли существенно уменьшается. При этом интенсивность галактических космических лучей и их мутагенная и регуляторная роль для биосферы существенно увеличивается [4].

**Особенности пандемии COVID-19.** Текущая пандемия вируса SARS-CoV-2 происходит одновременно в минимуме 25-го цикла 11-летней солнечной активности (СА) при общем низком уровне квазистолетнего цикла СА. Ее особенностью является значительная вариабельность числа летальных исходов на 1 млн населения в разных странах, причем максимальные значения летальности наблюдаются в достаточно благополучных странах с высоким уровнем развития и организации медицины (Рисунок 2). При этом самые строгие карантинные меры оказываются неэффективными. Более того, относительная летальность в Иране в 5-8 раз меньше, чем в Швейцарии и Бельгии. Парадоксальная разница в летальности (более чем в 5-15 раз) требует поиска факторов, не связанных с эпидемиологическими мерами и медицинским обслуживанием в конкретной стране.

Наиболее тяжело заболевание протекает на территориях Северной Италии, Испании, Франции, Бельгии, Швейцарии, Великобритании, и США, т.е. в странах с высоким уровнем медицины. Все эти страны объединяют генетические особенности населения - доминантная гаплогруппа R1b. Число смертей на миллион человек имеет прямую корреляцию с процентным содержанием представителей гаплогруппы R1b среди населения страны. Страны, имеющие больше 60% такого населения, являются лидерами по смертности до начала массовой вакцинации (Бельгия, Великобритания, Португалия). Уровень достижения коллективного иммунитета при всеобщей вакцинации для этих стран также значительно выше, чем, например, для скандинавских (80% против 40%).



**Рисунок 3.** Слева сверху - прирост числа заболевших в Москва и Санкт-Петербурге в марте-мае 2020; справа сверху – индекс самоизоляции; внизу - генетический состав населения в северных, центральных и южных районах европейской части России.

На европейской территории России доминантной гаплогруппой является R1a, для которой оказалось характерно быстрое развитие эпидемии при низкой летальности и большом количестве бессимптомных больных. В северных областях России удельный вес R1a сокращается почти вдвое, уступая место гаплогруппе N1c. Различия в генетическом составе населения может объяснить существенную разницу развития первой волны эпидемии в Москве и Санкт-Петербурге.

Генетические вариации объясняют различия в силе иммунных реакций лейкоцитарных антигенов. Данная концепция находит свое подтверждение в статье (A. Nguyen с соавт., 2020). Гаплотип и индивидуальная генетическая изменчивость влияет на иммунные реакции и на способность населения реагировать на вирус SARS-CoV-2. Исследовался потенциал защитного иммунитета человеческих лейкоцитарных антигенов (ЧЛА – в

русской транскрипции, и HLA – в английской), соответствующего различным гаплогруппам в комплексном анализе *in vitro* эффективности связывания 145 генотипов HLA: -A, -B и -C для всех пептидов SARS-CoV-2. Выявлено, что HLA-B \* 46: 01 (соответствующий одной из ветвей гаплогруппы R1b) имел наименьшее связывание пептидов для SARS-CoV-2, как и для SARS-CoV в ходе эпидемии, протекавшей в 2003 году. Эта группа может быть особенно уязвима для COVID-19. Обнаружено, что аллели HLA-B \* 15: 03; HLA-A \* 02: 02; HLA-C \* 12: 03 (гаплогруппа R1a) показали наибольшую способность связывать пептиды SARS-CoV-2, а значит - большую устойчивость к вирусу [5].

Погодный режим местности оказывает влияние на локализацию очагов коронавируса и длительность периода первичного активного заражения населения. Оптимум распространения коронавируса наблюдается при +9 С (Бергамо в феврале 2020, Москва в марте-апреле-мае 2020). При этом сибирская часть России в первую волну коронавируса имела температуру преимущественно ниже нуля, и распространение эпидемии там практически отсутствовало. Однако температура является менее значимым фактором, чем генетический состав населения, который определяет скорость распространения, тяжесть протекания заболевания и летальность в локальных очагах пандемии COVID-19.

**Выводы.** Пандемия COVID-19 показала, что в условиях глубокого минимума СА развитие эпидемиологических процессов существенно зависит от геногеографического состава населения и погодных условий значительно больше, чем от строгости карантинных мер, уровня медицины или возрастного состава населения. Одним из самых существенных факторов распространения COVID-19 и уровня летальности является геногеографическое распределение населения. Уровень достижения коллективного иммунитета путем вакцинации также зависит от генетического состава населения. Он наиболее высок для стран и регионов с доминантной гаплогруппой R1b (около 80% для гаплогруппы R1b против 40% для гаплогруппы N). Понимание роли генетических вариаций лейкоцитарных антигенов различных гаплогрупп на течение COVID-19 поможет выявить лица с более высоким риском заболевания. Сочетание типизации HLA с тестированием COVID-19 позволит улучшить оценку вирусной тяжести в популяции, и адаптировать будущие стратегии вакцинации к генотипически уязвимым группам населения. Генетическая диагностика медицинского персонала способствует выявлению сотрудников больниц и скорой помощи, более устойчивых к SARS-CoV-2, при оптимизации оказания медицинской помощи населению и защиты самих медиков. Также понимание геногеографических особенностей распространения и тяжести протекания пандемии может помочь в планировании эпидемиологических и организационно-карантинных мероприятий, в заблаговременном распределении средств и медицинских ресурсов по регионам.

По-видимому, роль космофизических факторов и генетических различий населения усиливается после искусственной медицинской и социальной ликвидации основного управляющего фактора - естественной конкуренции среди жертв вирусов. В ближайшие 30 лет предполагается сохранение крайне низкой солнечной активности. В этих условиях можно ожидать двукратное увеличение числа пандемий (каждые 5-6 лет вместо 10-11 лет) с выраженными геногеографическими отличиями в развитии локальных эпидемий.

### Список литературы

1. Рагульская М.В., Солнце и биосфера: миллиарды лет вместе. М.: Радиофизика, 2019, 147 с. <http://www.izmiran.ru/pub/izmiran/Ragulskaya-Sun-2019.pdf>
2. Ragulskaya M.V., Space weather and COVID-19 pandemic genogeography. J Nov Physiother Phys Rehabil, 2020, 7(1): 031-032.
3. Рагульская М.В., Обридко В.Н., Храмова Е.Г., Галактические факторы, молодое Солнце, Земля и биофизика живых систем. Биофизика, 2020, Т.65, № 4, С.804-817.
4. Рагульская М.В., Белишева Н.К., Космические лучи как фактор эволюционного отбора. Physics of Auroral Phenomena, Proc. 42 Annual Seminar, Apatity, 2019, P.250-252.
5. Nguyen A., David J.K., Maden S.K., Wood M.A., Weeder B.R., Nellore A., Thompson R.F., Human leukocyte antigen susceptibility map for SARS-CoV 2, Journal of Virology, 2020. DOI: 10.1128/JVI.00510-20