

Г.Н. Граховский, С.Э. Позднякова, О.Ю. Гаазе, Ю.А. Соловьёва

**СВЯЗЬ МЕЖСУТОЧНОЙ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ
ГРИППОМ И ОРВИ НАСЕЛЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
С ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА**

G.N. Grakhovsky, S.E. Pozdnyakova, O.Yu. Gaaze, Yu.A. Solovyova

**RELATIONSHIP BETWEEN INTERDIURNAL DYNAMICS OF FLU/
ACUTE RESPIRATORY VIRAL INFECTION MORBIDITY IN THE
POPULATION OF ST PETERSBURG AND AIR TEMPERATURE**

Рассматривается роль температуры воздуха в формировании межсуточной динамики заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ. На ежедневных данных за холодные полугодия 36-летнего периода определены особенности межсуточной и межгодовой динамики этой заболеваемости, выбран эффективный метод фильтрации наложенного недельного цикла социального характера, обосновано оптимальное по тесноте статистической связи представление рядов заболеваемости и температуры воздуха. Показана роль типа вируса гриппа и характера предшествующего хода температуры воздуха на формирование эпидемических сезонных пиков заболеваемости. Выявлена квазицикличность многолетней изменчивости интенсивности корреляционной связи между уровнем заболеваемости и температурой воздуха. Результаты проведенного исследования поискового характера указывают на влияние изменений температуры воздуха на межсуточную динамику рассматривавшейся заболеваемости с 3-суточным запаздыванием последней. Указывается на возможность использования прогнозов погоды для уточнения ожидаемой динамики заболеваемости включая прогнозирование возникновения эпидемий гриппа.

Ключевые слова: заболеваемость гриппом и ОРВИ, температура воздуха, корреляционный анализ.

The role of air temperature in formation of interdiurnal dynamics of flu/ acute respiratory viral infection morbidity in the population of St Petersburg is considered. Based on daily data for cold half-years over a 36-year period, features of interdiurnal and interannual dynamics of this morbidity are determined, an effective method of filtration of the imposed week cycle of social character is chosen, representation of series of the morbidity and air temperatures is proved which is optimal for closeness of statistical connection. The impact of this flu virus type and the previous variation character of air temperature on formation of epidemic seasonal morbidity peaks is shown. Quasicyclicity of long-term variability in correlation connection intensity between the morbidity and temperature is revealed. The results of the research carried out manifest influence of air temperature variations on interdiurnal dynamics of the morbidity under study with a 3-day lag of the latter. Weather forecasts are shown to be possibly of use for correction of the expected dynamics of the morbidity, including prediction of its occurrence.

Key words: flu/acute respiratory viral infection morbidity, air temperature, correlation analysis.

Ежегодно в мире гриппом заболевает до 500 млн человек, 2 млн из которых умирают. При обычных ежегодных эпидемиях гриппом болеет до 10 % население.

ния, а во время гриппозных пандемий это число может возрастать в 4–6 раз. Практически все эпидемии гриппа сопровождаются увеличением смертности. Грипп и острые респираторно-вирусные инфекции (ОРВИ) занимают первое место в мире по частоте и количеству случаев заболеваний и составляют 95 % всех инфекционных болезней. В России ежегодно регистрируют от 27,3 до 41,2 млн таких больных. Массовые заболевания населения гриппом и ОРВИ приносят значительный ущерб здоровью населения и экономике страны. Отсюда важность исследований особенностей развития этих заболеваний и факторов, их определяющих. Получаемые результаты способствуют развитию методов прогнозирования динамики заболеваемости населения, результаты которого определяют проводимые предупредительные мероприятия по снижению интенсивности эпидемий гриппа и ОРВИ и негативного эффекта от них.

Известно, что на уровень заболеваемости влияют различные факторы: социальные, экономические, экологические, плотность народонаселения, миграционные процессы, производственные условия. Влияние метеорологических факторов нередко игнорируется. В то же время одна из наиболее характерных черт эпидемиологии гриппа в России – его выраженная сезонность не может получить объяснения без учета влияния на этот процесс погодных условий [Андреев, 2005; Григорьев, 2001; Кайзер, 2004; Рыбинская, 1959].

Целью данного исследования являлось рассмотрение роли температуры воздуха в формировании межсуточной динамики заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ с учетом местных климатических и демографических особенностей. Использовались ежедневные данные о регистрации обращаемости во все лечебные учреждения города Санкт-Петербурга с заболеваемостью гриппом и острыми респираторными вирусными инфекциями за холодные полугодия с 1 октября по 31 мая следующего года в период 1969–2005 гг. (всего 36 лет). Данные по заболеваемости предоставлены Санкт-Петербургским Институтом гриппа, по температуре воздуха – сформированы на основании базы данных РГТМУ.

Исследовались следующие аспекты:

- 1) особенности межсуточной динамики заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ;
- 2) оптимизация представления данных по заболеваемости, обеспечивающая наиболее тесную связь с параметрами температуры воздуха (на основании многолетних рядов средних, минимальных и максимальных за сутки значений температуры воздуха и ежедневной численности заболевших гриппом и ОРВИ);
- 3) наличие связи между временем наступления максимальной заболеваемости за холодное полугодие и типом вируса гриппа;
- 4) зависимость наступления периода максимальной за сезон заболеваемости от характера предшествующих изменений температуры воздуха;
- 5) характер связи заболеваемости с различными параметрами термических условий;

б) характер внутригодового и межгодового хода интенсивности полученных корреляционных связей;

7) согласованность выявленной цикличности в ходе корреляционных связей с циклами солнечной активности и Северо-Атлантического колебания.

Совмещенный график сезонного хода средних многолетних значений заболеваемости и минимальной температуры воздуха для каждого дня периода с 1 октября по 31 мая, осредненных за 36 лет, демонстрирует явно выраженную обратную связь между ними (рис. 1) со значимым коэффициентом парной корреляции, равным $-0,865$. На период с конца января до середины февраля приходятся самые низкие температуры и самая высокая заболеваемость. Существенные локальные понижения уровня заболеваемости соответствуют ежегодным датам известных праздничных дней. Это указывает на влияние социальных факторов, искажающее рассматриваемые связи. Построенная по этим же данным диаграмма рассеяния указывает на наличие выраженной связи между заболеваемостью и температурой воздуха, причем эта связь обратная и практически линейная (рис. 2).

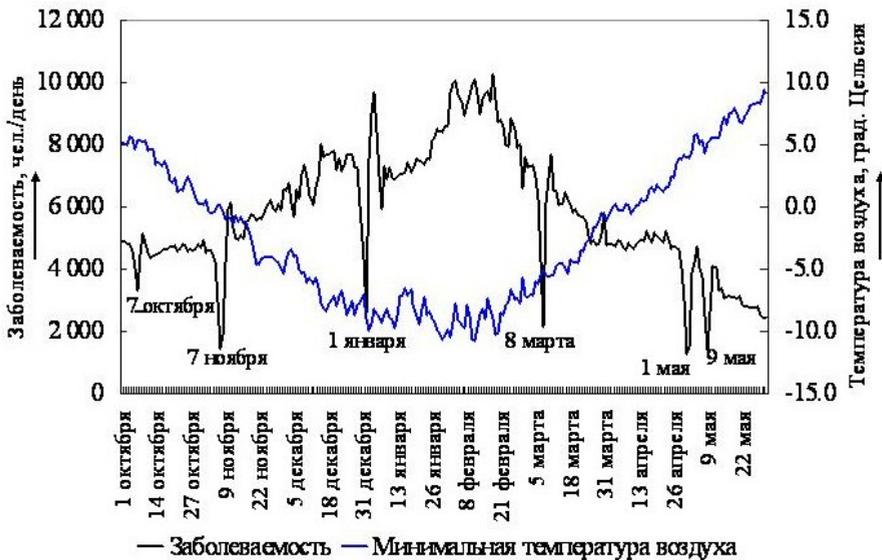


Рис. 1. Совмещенный внутригодовой ход средних многолетних значений заболеваемости населения гриппом и ОРВИ и минимальной температуры воздуха (Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.)

На совмещенных графиках внутрисезонного хода текущих показателей заболеваемости и температуры воздуха, построенных для каждого холодного полугодия рассматриваемого периода с 1969 по 2005 г., выраженная согласованность в их динамике не прослеживается (рис. 3). Самые низкие температуры в приведенном для примера сезоне 1976–1977 гг. отмечались в феврале и марте (хотя и с оттепелью), а пик заболеваемости пришелся на начало января. Следовательно, реальная связь между ними имеет не совсем однозначный обратный

характер, осложнена влиянием других факторов и поэтому требует более тщательного рассмотрения. На графике также хорошо виден циклический характер межсуточной динамики заболеваемости с недельным периодом. Спады приходятся на выходные дни, а пики – на начало недели. Это проявление все той же социальной компоненты, обусловленной недельным циклом труда и отдыха населения. Она искажает рассматриваемые связи между заболеваемостью и температурой воздуха и поэтому требует исключения.

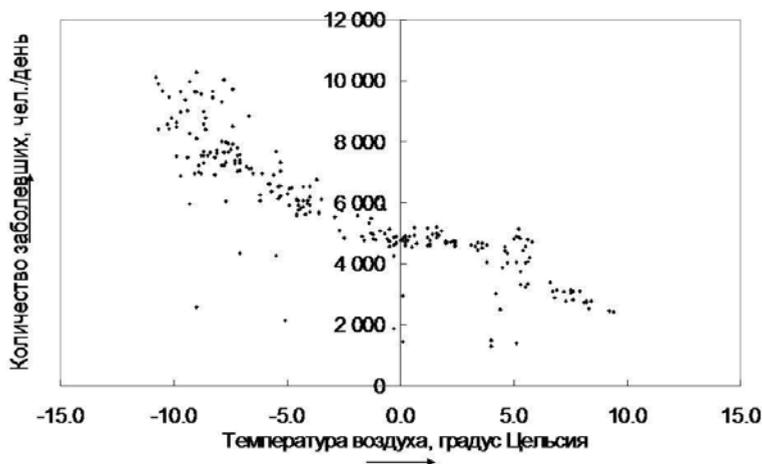


Рис. 2. Диаграмма рассеяния для зависимости между средними многолетними значениями заболеваемости населения гриппом и ОРВИ и минимальной температуры воздуха (Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.)



Рис. 3. Совмещенный внутрисезонный ход заболеваемости населения гриппом и ОРВИ и минимальной температуры воздуха. Фильтрация недельного цикла в исходных данных по заболеваемости путем их сглаживания методом скользящих средних (Санкт-Петербург, 1976–1977 гг.)

Для исключения недельного цикла в исходных рядах общей численности заболевших гриппом и ОРВИ использованы два варианта фильтрации. Первый – исключение из ряда выходных и праздничных дней, а также дней предшествующих им и следующих за ними. Второй вариант – сглаживание рядов методом скользящих средних (рис. 3).

Дальнейшая оптимизация состава параметров, характеризующих исследуемые связи, проводилась на основании корреляционного анализа. Рассматривались коэффициенты парной корреляции между различными рядами заболеваемости (исходным рядом, этим же рядом с исключением выходных, праздничных и сопряженных с ними дней, а также сглаженным рядом), с одной стороны, и синхронными им рядами минимальной, максимальной и среднесуточной температурами воздуха – с другой. Кроме того, рассмотрена зависимость интенсивности таких связей от временных сдвигов на 2 и 3 дня между сглаженным рядом заболеваемости и рядами температуры. Все эти коэффициенты статистически значимы.

Как видно из приведенной табл. 1, наибольшие значения коэффициентов обратной корреляционной связи получены для сглаженного ряда заболеваемости при его временном сдвиге на 3 дня от значений ряда максимальной и в меньшей мере среднесуточной температуры воздуха.

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции между заболеваемостью и температурой воздуха
(Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.)**

Вид ряда заболеваемости	Коэффициенты корреляции заболеваемости от температуры воздуха		
	минимальная температура	максимальная температура	среднесуточная температура
Исходный ряд	-0,303	-0,321	-0,320
С исключением выходных дней	-0,377	-0,394	-0,395
Сглаженный ряд	-0,433	-0,468	-0,463
Сглаженный ряд со сдвигом 2 дня	-0,439	-0,478	-0,471
Сглаженный ряд со сдвигом 3 дня	-0,441	-0,482	-0,474

Внутрисезонный ход заболеваемости каждого из холодных полугодий рассмотренного 36-летнего периода имеет свои особенности. Прежде всего, следует отметить разные месяцы наступления пика заболеваемости, обычно соответствующего эпидемии гриппа. Чаще всего максимум заболеваемости приходится на февраль, есть также сезоны с ранним максимумом, поздним максимумом, сезоны без выраженных максимумов и с несколькими максимумами. Для определения причины этих различий было рассмотрено наличие связи между временем сезонного максимума заболеваемости и типом вируса гриппа. Результат представлен в табл. 2.

Соответствие между типами вирусов гриппа и месяцем наступления максимума заболеваемости (Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.)

Время наступления максимума заболеваемости	Число совпадений типов вирусов					
	A	B	A+B	(A+)	(A+)+A	(A+)+B
Октябрь	—	—	—	—	—	—
Ноябрь	1	—	—	—	—	—
Декабрь	2	—	1	2	2	1
Январь	6	1	—	—	—	1
Февраль	5	4	3	1	2	1
Март	—	1	—	—	—	—
Апрель	—	—	—	—	—	—
Май	—	—	—	—	—	—

Из табл. 2 видно, что наиболее частые февральские максимумы заболеваемости (47 % случаев) отмечались при всех имевших место типах вирусов гриппа и их сочетаниях. Это объясняется тем, что максимум заболеваемости чаще всего приходится на самый холодный месяц, а по наблюдениям в Санкт-Петербурге – это февраль. А вот январские максимумы заболеваемости (около 24 % случаев) чаще всего связаны с вирусами гриппа типа А (18 % случаев). Столь же частым пикам заболеваемости, приходящимся на декабрь (около 24 % случаев), почти в равной мере присущи все типы вирусов. На эти три месяца приходится 94 % всех сезонных пиков заболеваемости. В то же время на вирус типа А, чаще всего вызывающий эпидемии гриппа, приходится только 41 % случаев. Следовательно, скорее всего, тип вируса не влияет на время наступления максимума заболеваемости.

Для уточнения признаков периодов с повышенным риском возникновения эпидемии гриппа в рассмотренных холодных полугодиях сначала были выделены периоды начала интенсивного роста заболеваемости. Затем был проанализирован предшествующий им характер изменений температуры воздуха. Их группировка по схожести хода температуры воздуха перед началом интенсивного роста заболеваемости дала типизацию, состоящую из трех типов.

В первый тип вошли 18 из 36 рассмотренных холодных сезонов (50 %). Он характеризуется колебаниями температуры воздуха перед ростом заболеваемости – переход от 0 °С к отрицательным температурам с понижением до –10 °С и ниже с дальнейшим возвратом опять к 0 °С (рис. 4). Максимум заболеваемости для этого типа приходится на февраль (8 сезонов) и январь (6 сезонов).

Ко второму типу отнесено 10 сезонов (28 %). В таких случаях перед ростом заболеваемости температура воздуха понижалась в течение длительного времени (рис. 5). Максимум заболеваемости соответствует при этом минимуму температуры воздуха. В 8 из 10 сезонов он приходился на февраль, что само по себе логично, так как февраль по многолетним наблюдениям является в Санкт-Петербурге самым холодным месяцем года.

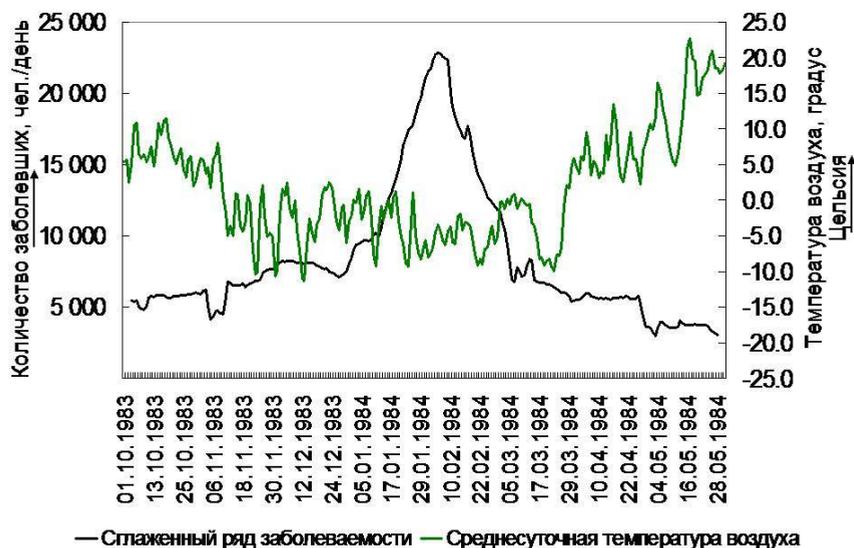


Рис. 4. Пример совмещенного графика временного хода заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ и температуры воздуха холодного полугодия 1983–84 гг. при первом типе начала эпидемии

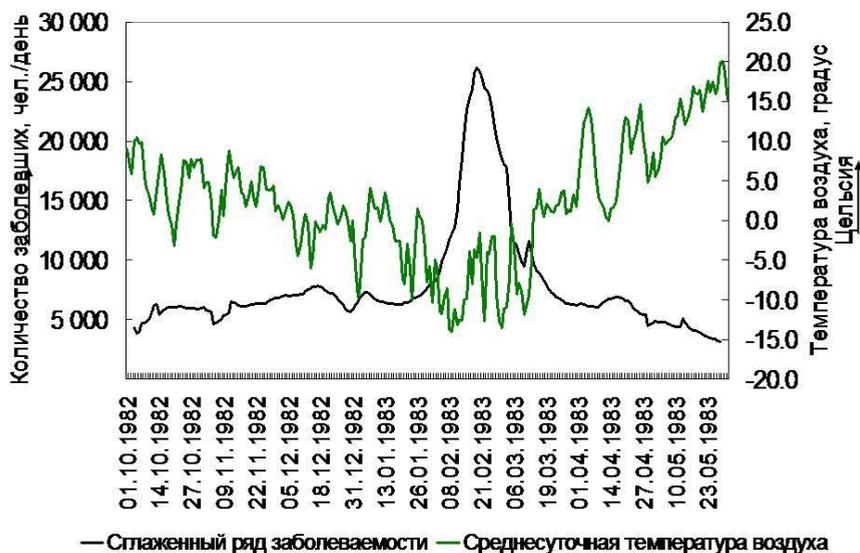


Рис. 5. Пример совмещенного графика временного хода заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ и температуры воздуха холодного полугодия 1982–83 гг. при втором типе начала эпидемии

Третий тип составили 5 сезонов (14 %). В этих случаях температура воздуха перед интенсивным ростом заболеваемости в среднем держалась около 0 °С

и выше (рис. 6). Максимум заболеваемости при этом типе чаще приходился на декабрь, март и апрель. Только в одном случае он отмечен в начале января.

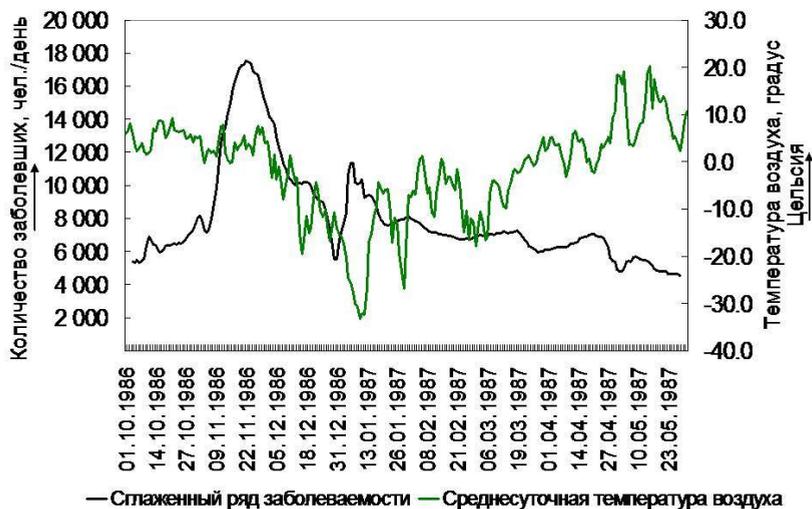


Рис. 6. Пример совмещенного графика временного хода заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ и температуры воздуха холодного полугодия 1986–87 гг. при третьем типе начала эпидемии

В оставшихся 3 сезонах (8 %) не было резких всплесков заболеваемости, а наблюдались лишь ее небольшие колебания.

Выявленные особенности указывают на то, что росту заболеваемости способствует не только понижение температуры воздуха, но в значительной мере ее существенные колебания с переходом от отрицательных значений к положительным. Такая погода способствует заболеванию ОРВИ (парагрипп, аденовирусы и т.д.), вызывающему ослабление иммунитета у человека, а на фоне этих менее агрессивных возбудителей уже развивается грипп как массовое явление.

Была также рассмотрена связь выделенных групп с типами вирусов гриппа. Но и здесь определенной зависимости обнаружено не было.

Сравнение коэффициентов линейной корреляционной связи между заболеваемостью населения гриппом и ОРВИ и температурой воздуха, рассчитанных отдельно для каждого холодного полугодия, показало их значительное межсезонное различие. Для уточнения особенностей межгодовой динамики этой связи и рассмотрения причин их порождающих был построен график многолетнего хода значений этих коэффициентов корреляции, представленный на рис. 7.

Виден квазипериодический характер изменчивости, мало различающийся для минимальной, максимальной и среднесуточной температур. Последнее подтверждает не случайность этих особенностей. Также видно, что коэффициенты корреляции заболеваемости между максимальной и среднесуточной температурами воздуха действительно лучше по значениям, особенно для сглаженного

ряда заболеваемости (рис. 8). Это является дополнительным подтверждением того, что выходные и праздничные дни искажают реальный ход заболеваемости и ее связь с термическими условиями.

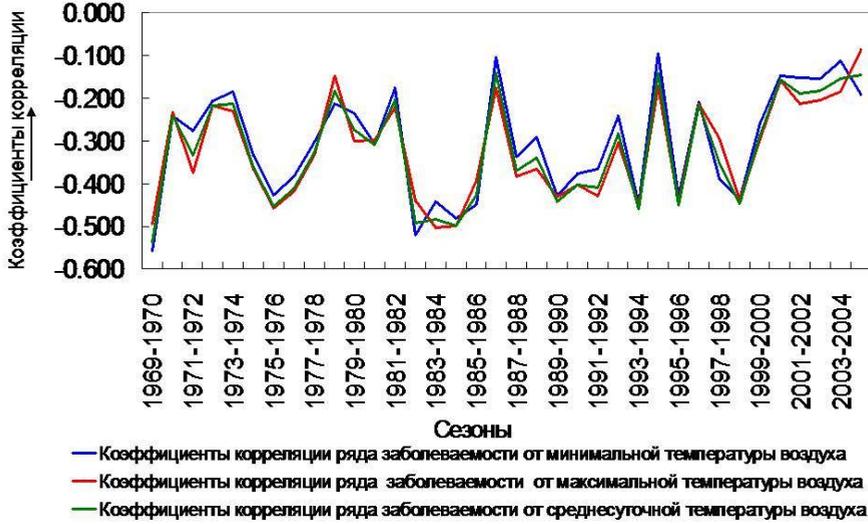


Рис. 7. Временной ход коэффициентов корреляции заболеваемости гриппом и ОРВИ от минимальной, максимальной и среднесуточной температур воздуха (Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.).

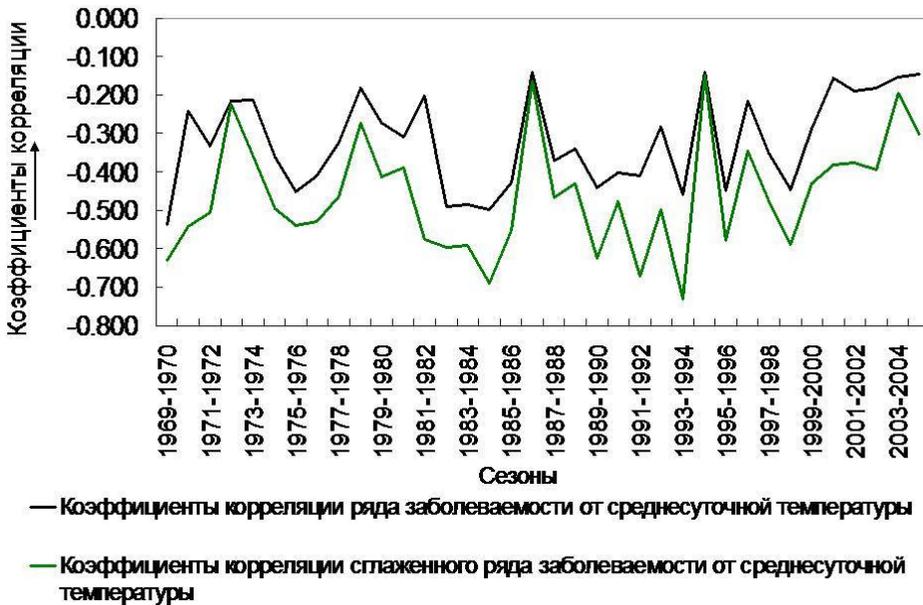


Рис. 8. Временной ход коэффициентов корреляции исходного и сглаженного рядов заболеваемости гриппом и ОРВИ со среднесуточной температурой воздуха (Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.).

Далее была также рассмотрена связь уровня заболеваемости с суточной амплитудой температуры воздуха и ее межсуточной изменчивостью. Многолетний ход рассчитанных по сезонам соответствующих коэффициентов парной линейной корреляции представлен на рис. 9. На этом графике видна знакопеременность полученных коэффициентов и то, что по своей величине они невелики. Таким образом, можно констатировать отсутствие определенной связи рассматриваемой заболеваемости с суточной амплитудой и межсуточной изменчивостью температуры воздуха.

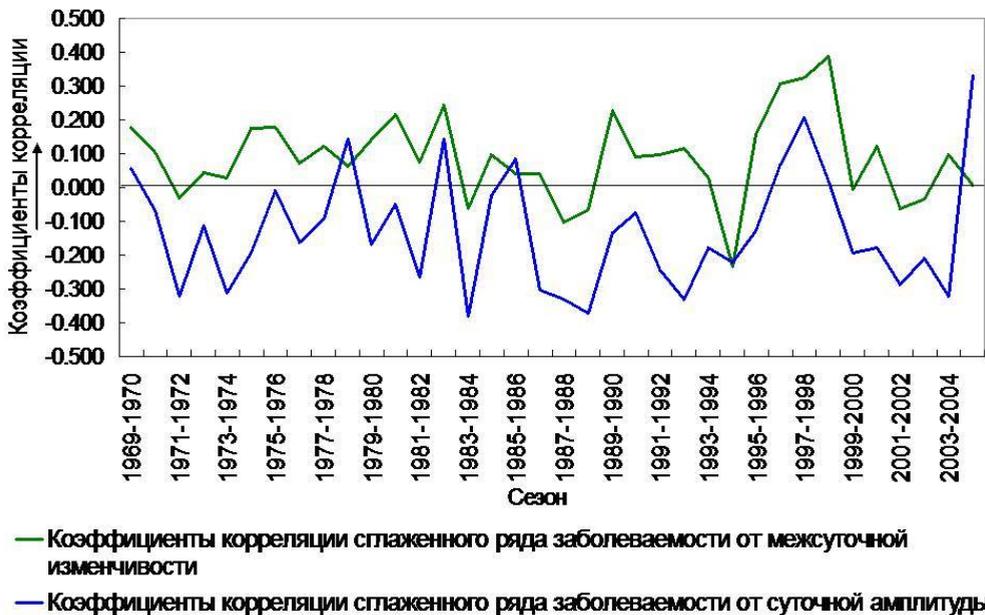


Рис. 9. Временной ход коэффициентов корреляции заболеваемости гриппом и ОРВИ с межсуточной изменчивостью и суточной амплитудой среднесуточной температуры воздуха (Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.)

Поскольку многолетний ход связи заболеваемости с температурой воздуха проявил квазициклическую изменчивость, была рассмотрена его согласованность с известными природными циклами солнечной активности и Северо-Атлантического колебания. В первом случае использовалась самая распространенная характеристика солнечной активности – относительное число солнечных пятен, или числа Вольфа. Построенный совмещенный график межгодовой динамики заболеваемости и средних значений чисел Вольфа для каждого холодного сезона (рис. 10) демонстрирует отсутствие определенной связи между ними.

Аналогичный график был построен и для межгодовой динамики числа заболевших, совмещенного с соответствующими значениями индекса Северо-Атлантического колебания. Но и здесь определенная связь не прослеживается.

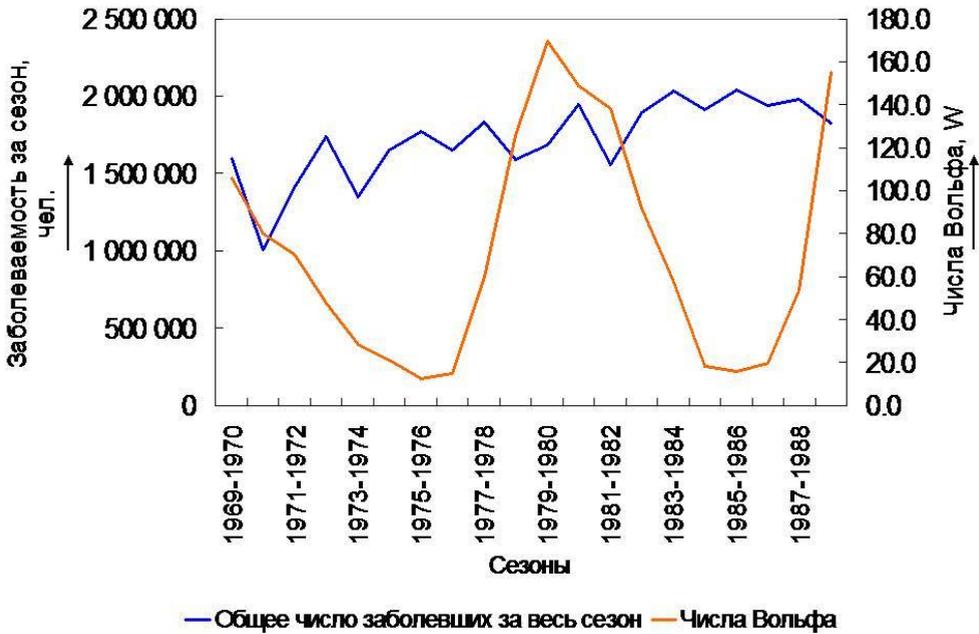


Рис. 10. Временной ход заболеваемости гриппом и ОРВИ и солнечной активности (Санкт-Петербург, 1969–2005 гг.)

Представленные результаты в целом подтверждают влияние погодных условий и в частности температуры воздуха на межсуточную динамику заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ в холодную половину года. Полученные статистически значимые коэффициенты парной линейной корреляции, приближающиеся по своей величине к 0,5, отражают роль термического фактора в этих процессах и вместе с тем указывают на наличие и других влияющих факторов.

Существенные особенности межсуточной изменчивости рассматриваемой заболеваемости определяются в частности социальными условиями. Они формируют недельную цикличность, выраженную в заметном снижении числа обращений в лечебные учреждения в выходные и сопряженные с ними дни, тот же эффект проявляется и в праздники. Это влияние искажает рассматриваемые естественные связи и поэтому его необходимо исключать. Эффективную фильтрацию недельного цикла обеспечивает сглаживание исходного ряда заболеваемости методом скользящего осреднения, приводящее к улучшению его связи с рядами данных наблюдений за температурой воздуха. Наиболее тесной оказалась асинхронная связь между сглаженным рядом заболеваемости и рядом максимальной за сутки температуры воздуха, сдвинутым вперед на трое суток. Такое возрастание величины коэффициентов корреляции при временном сдвиге указывает на запаздывание в динамике заболеваемости по отношению к изменениям температуры воздуха.

Имеющие место межгодовые различия во времени наступления сезонного максимума заболеваемости, обычно соответствующего эпидемиям гриппа, оказались не зависящими от типа вируса гриппа. При этом термический фактор определенным образом способствует существенному увеличению числа заболевших посредством существенного понижения температуры воздуха, ее резких колебаний с переходами через 0 °С.

Интенсивность рассматриваемых связей меняется от одного холодного полугодия к другому. Их многолетний ход имеет квазициклический характер. Однако определенная связь этих циклов с известной природной циклическостью солнечной активности и атмосферной циркуляции в атлантико-европейском регионе, называемой Северо-Атлантическим колебанием, не обнаружена.

Знание особенностей связи заболеваемости населения Санкт-Петербурга гриппом и ОРВИ с изменениями температуры воздуха позволяет при наличии прогнозов погоды уточнить оценку ожидаемой динамики заболеваемости для своевременного проведения профилактических и противоэпидемиологических мероприятий.

Литература

1. *Андреев С.С.* Человек и окружающая среда. – Ростов-на-Дону: Изд. СКНЦ ВШ АПСН, 2005. – 272 с.
2. Государственный доклад о состоянии здоровья населения Российской Федерации в 2004 году // *Здравоохранение РФ*, 2006, № 4, с. 3–32.
3. Погода и здоровье человека: Медицинская керосология / *И.И. Григорьев, А.И. Григорьев, К.И. Григорьев.* – М.: Изд. Академ. труда и соц. отношений, 2001. – 126 с.
4. *Кайзер М.* Как погода влияет на наше здоровье. – СПб.: ИД «Весь», 2004. – 224 с.
5. *Рыбинская Л.Н.* О соотношениях между заболеваемостью гриппом и метеорологическими показателями: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М.: Институт инфекционных болезней АМН СССР, 1959. – 18 с.