



Норовирусная инфекция в Свердловской области, 2009–2022 гг.: ретроспективный эпидемиологический анализ и результаты статистического моделирования

В.И. Чалапа^{1,2}, А.А. Косова¹, Т.И. Машин¹, Р.Н. Ан¹

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

² ФБУН «Федеральный научно-исследовательский институт вирусных инфекций “Вирум”» Роспотребнадзора, ул. Летняя, д. 32, г. Екатеринбург, 620030, Российская Федерация

Резюме

Введение. Норовирусная инфекция является широко распространенным инфекционным заболеванием преимущественно детского возраста, наносящим существенный урон общественному здоровью.

Цель исследования: проанализировать и описать эпидемиологическую ситуацию с норовирусной инфекцией в Свердловской области за период с 2009 по 2022 г., изучить детерминанты эпидемического процесса с применением методов статистического моделирования.

Материалы и методы. Проанализированы данные государственной статистики (помесячное число случаев норовирусной инфекции и численность новорожденных в Свердловской области), данные о погодных факторах и миграции населения. Для оценки роли природных и социальных факторов эпидемического процесса использована модель отрицательной биномиальной регрессии. Статистическая обработка проведена в среде R.

Результаты. Многолетняя динамика заболеваемости норовирусной инфекцией в Свердловской области характеризовалась подъемом с последующей стабилизацией на относительно высоком уровне (2016–2018 гг.). Эпидемический сезон продолжался в среднем с октября – ноября по апрель – май. Контингентом риска явились дети в возрасте до 6 лет. Территориальное распределение заболеваемости неоднородно, в отдельных муниципалитетах области регистрируются относительно высокие уровни заболеваемости. Результаты статистического моделирования заболеваемости норовирусной инфекцией продемонстрировали отрицательную взаимосвязь между заболеваемостью и воздействием погодных факторов (температура воздуха, относительная влажность), а также повышенными уровнями заболеваемости COVID-19. Величина атмосферных осадков, атмосферное давление, продолжительность солнечного сияния и объем внешней миграции не являлись статистически значимыми предикторами. Помимо перечисленного, на динамику эпидемического процесса, по-видимому, оказывает влияние уровень коллективного иммунитета, хотя оценка подобного влияния затруднена в связи с отсутствием надежных данных о продолжительности иммунитета к норовирусам.

Заключение. Норовирусная инфекция является актуальной для изучаемого региона инфекционной патологией, главным образом среди детей дошкольного возраста. Отрицательными предикторами, ассоциированными со снижением числа случаев норовирусной инфекции, явились температура воздуха и относительная влажность, а также периоды подъема заболеваемости COVID-19.

Ключевые слова: норовирусная инфекция, Свердловская область, ретроспективный эпидемиологический анализ, статистическое моделирование.

Для цитирования: Чалапа В.И., Косова А.А., Машин Т.И., Ан Р.Н. Норовирусная инфекция в Свердловской области, 2009–2022 гг.: ретроспективный эпидемиологический анализ и результаты статистического моделирования // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 10. С. 87–94. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-10-87-94

Norovirus Infection in the Sverdlovsk Region, 2009–2022: Retrospective Epidemiological Analysis and Statistical Modeling Results

Vladislav I. Chalapa,^{1,2} Anna A. Kosova,¹ Tikhon I. Mashin,¹ Rozaliya N. An¹

¹ Ural State Medical University, 3 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

² Federal Research Institute of Viral Infections “Virom”, 23 Letnyaya Street, Yekaterinburg, 620030, Russian Federation

Summary

Introduction: Norovirus infection (NVI) is a highly contagious disease that is most common in children and entails significant health care costs.

Objectives: To analyze and describe epidemic spread patterns of norovirus infection in the Sverdlovsk Region in 2009–2022 and to examine its determinants using statistical modeling techniques.

Materials and methods: We have analyzed statistics on the monthly number of NVI cases and newborns, publicly available data on weather factors and population migration in the Sverdlovsk Region. Negative binomial regression was used to assess contribution of natural and social factors to disease incidence. The statistical analysis was carried out in the R environment.

Results: A long-term increasing trend in NVI incidence that stabilized on a relatively high level in 2016–2018 was observed. The epidemic season usually started in October or November and lasted until April–May. Children under 6 years of age were at highest risk of the infection. Distribution of the disease incidence across the Sverdlovsk Region was uneven; relatively high rates were registered in some municipalities. The results of statistical modeling showed a negative correlation between weather conditions (mean temperature and relative humidity), high COVID-19 rates, and NVI incidence. The amount of precipitation, atmospheric pressure, sunshine duration, and external migration were found to be statistically insignificant predictors. In addition to the above, the level of herd immunity is likely to affect the NVI incidence, although it is hard to estimate the extent of its impact due to the lack of trustworthy data on the duration of immunity to noroviruses.

Conclusion: Norovirus infection is a regional health care challenge, especially among preschool children. Ambient air temperature, relative humidity, and social distancing due to rising COVID-19 incidence rates proved to be negative predictors associated with a decrease in the number of NVI cases in the study area.

Keywords: norovirus infection, Sverdlovsk Region, descriptive study, retrospective epidemiological analysis, statistical modeling.

For citation: Chalapa VI, Kosova AA, Mashin TI, An RN. Norovirus infection in the Sverdlovsk Region, 2009–2022: Retrospective epidemiological analysis and statistical modeling results. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(10):87–94. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-10-87-94

Введение. Норовирусная инфекция (НВИ) является широко распространенным инфекционным заболеванием [1], ежегодно вызывая порядка 700 млн случаев заболевания и 200 тыс. летальных исходов [2]. Инфекция отличается высокой контагиозностью, крайне малой величиной инфицирующей дозы [3], а также высокой устойчивостью возбудителя во внешней среде [4]. Группой риска заболевания являются дети дошкольного возраста и пожилые лица, в коллективах которых нередки вспышки заболевания [5]. Несмотря на очевидную значимость НВИ для общественного здоровья, перспективы создания вакцины на текущий момент неясны ввиду сложностей с культивированием возбудителя [6].

В Российской Федерации регистрация случаев НВИ началась в 2009 г. [7], однако вспышка заболевания в Свердловской области была описана ранее [8].

Цель исследования – проанализировать и описать эпидемиологическую ситуацию с норовирусной инфекцией в Свердловской области за период с 2009 по 2022 г., изучить детерминанты эпидемического процесса с применением методов статистического моделирования.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили данные формы статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных болезнях» по Свердловской области и ее муниципальным образованиям за 2009–2022 гг., а также сведения о численности населения и численности новорожденных, предоставленные территориальными органами Роспотребнадзора. Данные о погодных факторах были получены из специализированного массива для климатических исследований Мирового центра данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»¹. Данные о миграции населения были получены в системе Официальных статистических показателей Росстата ЕМИСС². Все перечисленные данные были получены помесечно.

Статистический анализ и визуализация результатов проводились в среде R версии 4.1.3 (R Core Team, 2021). Для оценки статистической значимости в различии показателей заболеваемости использовались доверительные интервалы, основанные на распределении Пуассона [9]. Проверка временного ряда на однородность центральной тенденции и дисперсии с определением точки разладки проверялась по методу наибольшего правдоподобия [10]. Для устранения выбросов в исходном временном ряду числа случаев НВИ был использован алгоритм «washer» [11].

Для изучения влияния средовых и социальных факторов, оказывающих влияние на число случаев НВИ в Свердловской области, была построена статистическая модель, включающая следующие предикторы:

- среднемесячная температура воздуха (далее обозначено «TEMP»);
- осадки (мм, «RHUM»);

- среднемесячное атмосферное давление («PRESS»);
- среднемесячная относительная влажность воздуха («RHUM»);
- продолжительность солнечного сияния («SHINE»);
- численность новорожденных («NEWB»);
- объем внешней миграции (число вновь прибывших человек, «MIGR»);
- для 2020–2021 гг. – периоды подъема заболеваемости COVID-19 (превышение среднегодового уровня заболеваемости COVID-19 – бинарная переменная, «WAVE»).

Поскольку регрессия Пуассона была неприемима для изучаемых данных в связи с избыточной дисперсией [12], для определения средовых и социальных факторов, оказывающих влияние на число случаев заболевания, была использована модель отрицательной биномиальной регрессии. Валидация модели проводилась методом 30-кратной перекрестной проверки (cross-validation). Наилучшая модель отбиралась по значениям состоятельного критерия Акаике (CAIC) и доле объясненного девианса и коэффициента детерминации [13, 14]. Все применяемые статистические критерии были двусторонними. Нулевые гипотезы отвергались при уровне статистической значимости $p < 0,05$.

Результаты. В 2009–2022 гг. в регионе было зарегистрировано 31 313 случаев НВИ, доля заболевания в структуре острых кишечных инфекций (ОКИ) в целом составила 7,6 %, в структуре ОКИ вирусной этиологии – 14,1 %. В течение анализируемого периода доля НВИ в структуре ОКИ вирусной этиологии неуклонно росла, достигнув к 2022 г. 31 %.

Для оценки неравномерности временного ряда заболеваемости НВИ по значениям средней и дисперсии был использован метод обнаружения точки разладки. В результате было выделено два радикально отличающихся периода – 2009–2015 и 2016–2022 гг. (далее – первый и второй период соответственно).

В течение первого периода средний многолетний уровень (СМУ) составил 6,15 на 100 тыс. жителей, при этом показатель заболеваемости варьировал в узких пределах, монотонно увеличиваясь от 0,71 ‰ в 2009 г. до 15,68 ‰ в 2015 г., впервые статистически значимо превысив верхнюю границу ординарного уровня заболеваемости.

В начале второго периода показатель заболеваемости скачкообразно вырос, удвоившись в 2016 г. до 36,45 ‰ и далее непрерывно рос до максимального значения 146,60 ‰ в 2018 г., когда произошло повторное превышение ординарного уровня заболеваемости (для второго периода), сохранившееся в 2019 г. В последующем на фоне пандемии COVID-19 показатель заболеваемости НВИ значительно уменьшился, сохранившись в пределах ординарного уровня, и к 2022 г. восстановился до

¹ <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения: 02.09.2023).

² <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 02.09.2023).

значений, сопоставимых с допандемическими (рис. 1). Однако уже в 2021 г. показатель заболеваемости составил 102,80 ‰, в 4 раза превысив общий показатель заболеваемости в России (24,8 ‰³).

Сезонность НВИ в Свердловской области в первый период наблюдений была невыраженной, и лишь в последующем приобрела вид, типичный для регионов с умеренным климатом. Эпидемический сезон регистрировался с октября – ноября по апрель – май с незначительным варьированием от года к году (рис. 2). Индекс сезонности для второго периода находился в диапазоне от 3,0 до 6,5 со средним значением 4,1.

В структуре заболеваемости в целом за анализируемый период преобладали дети, доля которых составила 92,1 %. Среди различных возрастных групп доминировали дети 1–2 и 3–6 лет (35,1 и 28,8 % соответственно), доля детей 7–17 лет – 18,8 %. Наименьшие доли в структуре пришлось на детей в возрасте до 1 года (9,4 %) и взрослых 18 лет и старше (7,9 %).

В течение анализируемого периода возрастная структура заболеваемости была неодинаковой. Период после 2015 г. в сравнении с более ранними наблюдениями характеризовался статистически значимо большей долей детей первого года жизни ($p = 0,000044$), 1–2 лет ($p < 0,000001$) и 3–6 лет ($p < 0,000001$), в то время как доля детей 7–17 лет и взрослых (суммарно) была меньше ($p < 0,000001$). Обнаружено, что доля заболевших в возрасте 7 лет и старше отрицательно коррелировала с общим числом заболевших и являлась статистически значимым предиктором в уравнении линейной регрессии (коэффициент корреляции Спирмена $-0,48$, $p < 0,000001$). Это может быть объяснено в терминах математической эпидемиологии с точки зрения среднего возраста инфицирования, который

обратно пропорционален удельной скорости инфицирования и, следовательно, активности циркуляции возбудителя, что ранее было описано для инфекций с фекально-оральным механизмом передачи [15].

Территориальное распределение заболеваемости было оценено для периода 2016–2022 гг., когда НВИ стабильно регистрировалась во всех муниципалитетах области. Наибольшие показатели заболеваемости, превышающие общий показатель Свердловской области, регистрировались в Слободо-Туринском районе, Каменск-Уральском городском округе, Ирбитском муниципальном образовании, городском округе Сухой Лог, Сосьвинском, Серовском, Верхотурском, Асбестовском, Кушвинском и Березовском городских округах и г. Екатеринбурге.

На первом этапе моделирования была построена обобщенная линейная модель отрицательной биномиальной регрессии без дополнительной модификации предикторов с тем, чтобы оценить степень влияния предикторов и направленность их связи с зависимой переменной (модель 1). Зависимой переменной было число случаев НВИ в Свердловской области за второй период (2016–2022 гг.). По результатам моделирования статистически значимыми предикторами оказались температура воздуха, относительная влажность воздуха, периоды подъема заболеваемости COVID-19 и численность новорожденных. Таким образом, переменная отклика находилась в обратной зависимости от температуры воздуха, относительной влажности, подъема заболеваемости COVID-19 и численности новорожденных (т. е. рост этих показателей приводил к снижению числа случаев НВИ). Численность новорожденных оказалась статистически значимым предиктором, однако значение коэффициента в уравнении регрессии для этого предиктора соответствовало наименьшему эффекту. Качество подгонки модели было

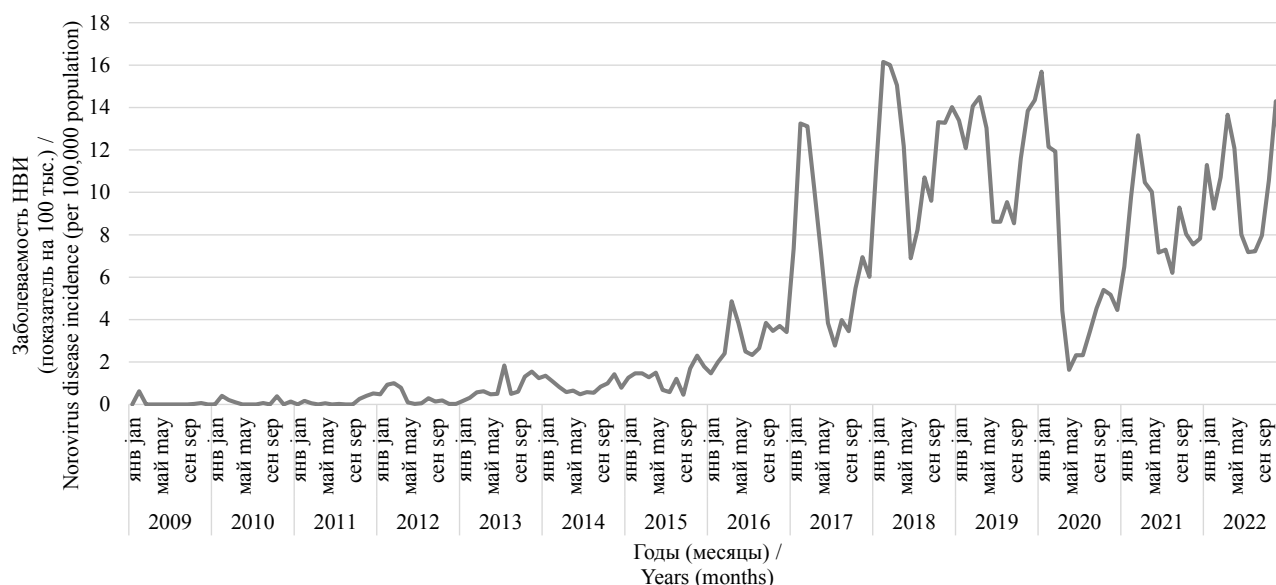


Рис. 1. Помесячная динамика заболеваемости НВИ в Свердловской области, 2009–2022 гг. (показатель на 100 тыс. жителей)

Fig. 1. Monthly incidence rates of norovirus infection in the Sverdlovsk Region, 2009–2022 (per 100,000 population)

³ <https://epimap.ru/norovirusnaya-infekciya> (дата обращения: 02.09.2023)

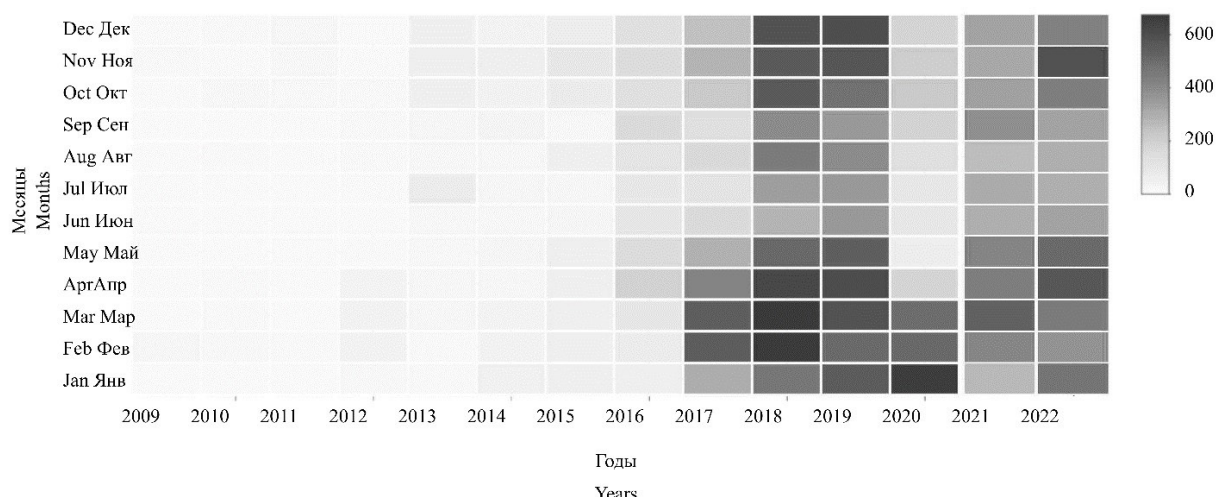


Рис. 2. Сезонность НВИ в Свердловской области, 2009–2022 гг. (интенсивность заливки соответствует абсолютному числу случаев за соответствующий месяц)

Fig. 2. A heat map of norovirus seasonal distribution in the Sverdlovsk Region, 2009–2022 (filling intensity corresponds to the monthly number of incident cases)

удовлетворительным ($p = 1$), включенные предикторы объясняли 31,3 % девианса. Величина атмосферных осадков, атмосферное давление, продолжительность солнечного сияния и объем внешней миграции не являлись статистически значимыми предикторами (табл. 1, рис. 3).

На втором этапе моделирования статистически значимые предикторы были включены в обобщенную аддитивную модель. Кроме того, поскольку размерность вышеперечисленных предикторов (в абсолютном выражении) была отлична от размерности моделируемого временного ряда, в модель был добавлен тренд заболеваемости, полученный методом STL, как описано ранее [14, 16] (модель 2). В полученной модифицированной модели статистически значимыми предикторами оказались тренд заболеваемости (TREND, $p < 0,0001$), температура воздуха ($p < 0,0001$), относительная влажность ($p < 0,0001$), периоды подъема заболеваемости COVID-19 ($p = 0,00012$), однако численность новорожденных в качестве предиктора оказалась на границе уровня статистической значимости ($p = 0,042$). Характер взаимосвязи между погодными предикторами и переменной отклика в полученной модели не изменился в сравнении с предыдущим вариантом. Качество подгонки модели было удовлетворительным ($p = 1$), доля объясненного девианса составила 77,2 %.

Наконец, чтобы проверить возможность применения вышеперечисленных предикторов для построения прогностической модели с минимизацией количества предикторов, данные температуры воздуха и относительной влажности были преобразованы в один предиктор методом анализа главных компонент. Полученная модель (модель № 3) давала решение несколько хуже, нежели модель № 2 (доля объясненного девианса 70,7 %), однако мало уступала по величине CAIC (1028 и 1021 соответственно).

Обсуждение. По результатам проведенного эпидемиологического анализа НВИ явилась значимой для Свердловской области инфекционной патологией, составляя значительную долю вирусных гастроэнтеритов (14,1 %) с четырехкратным превышением общероссийского показателя заболеваемости. Рост заболеваемости НВИ и последующая стабилизация этого показателя на относительно высоком уровне, по-видимому, отражает этап становления массовой диагностики и регистрации заболевания. Сезонность НВИ была типичной для регионов с умеренным климатом [7] и характеризовалась подъемом заболеваемости с октября – ноября по апрель – май на фоне относительно высокого уровня в июне – сентябре.

Наибольший уровень заболеваемости НВИ регистрировался среди детей в возрасте до 6 лет

Таблица. Результаты моделирования числа случаев НВИ в Свердловской области (модель отрицательной биномиальной регрессии)

Table. The results of modeling the number of NVI incident cases in the Sverdlovsk Region using the negative binomial regression

Предиктор / Predictor	Величина коэффициента / Coefficient value	95 %ДИ / 95 % CI	p
TEMP	0,98	0,96–0,99	<0,00001
RHUM	0,98	0,95–0,99	0,011
SHINE	1,00	0,99–1,01	0,23
NEWB	0,99	0,98–0,99	0,04
MIGR	1,00	0,99–1,00	0,63
WAVE	0,54	0,40–0,73	0,0002

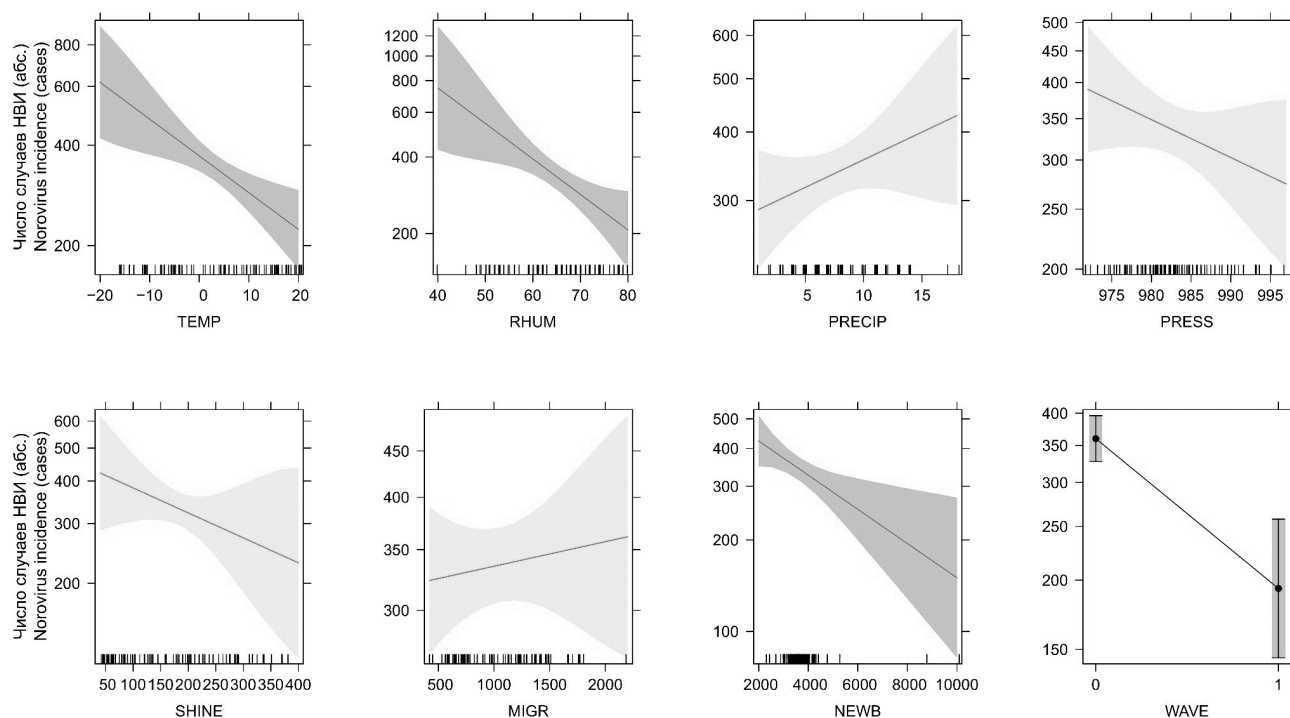


Рис. 3. Влияние различных предикторов на число случаев НВИ в Свердловской области в модели отрицательной биномиальной регрессии. Доверительные интервалы статистически значимых предикторов выделены темно-серым, статистически незначимых – светло-серым

Fig. 3. Effects of certain predictors on the norovirus disease incidence in the Sverdlovsk Region according to the negative binomial regression. Confidence intervals for statistically significant/insignificant predictors are dark/light grey, respectively

с крайне высоким показателем относительного риска, что подчеркивает важность профилактических вмешательств для данной когорты. Кроме того, при реализации программ скрининга и активного надзора (в том числе с применением молекулярно-генетических методов) представляется рациональным сфокусироваться именно на данной возрастной группе.

Территориальное распределение заболеваемости НВИ характеризовалось значительной неравномерностью, что, по-видимому, отражает как неодинаковый уровень риска, так и различную доступность лабораторной диагностики заболевания.

Результаты моделирования заболеваемости продемонстрировали наличие статистически значимой обратной связи с погодными предикторами (температурой воздуха и относительной влажностью). Обратная зависимость с температурой воздуха согласуется с ранее опубликованными данными, в то время как обратная зависимость с влажностью воздуха контрастирует с ними [17–22]. Последнее обстоятельство может быть связано с тем, что проведенное ранее исследование включало регион, граничащий с субтропической зоной, где зимой наблюдается высокая влажность. Кроме того, обнаружено отрицательное влияние периодов подъема заболеваемости COVID-19 на число случаев НВИ, что может быть объяснено влиянием неспецифических противоэпидемических мер и согласуется с наблюдениями других авторов [23, 24].

Помесячные данные о численности новорожденных являлись статистически значимым предиктором, однако существенным образом не улучшали решение модели. Хотя продолжительность иммунного ответа к НВИ остается недостаточно изученной, данные результатов моделирования с использованием детерминистской компартментной модели SEIR (с допущением об отсутствии роли бессимптомных носителей в передаче инфекции) дают оценки порядка 38–61 месяцев [25]. Учитывая результаты настоящего исследования, в котором ежемесячная численность новорожденных являлась статистически значимым предиктором, можно предположить, что колебание уровня коллективного иммунитета, обусловленное пополнением контингента восприимчивых, также определяет динамику эпидемического процесса.

Закключение. Многолетняя динамика заболеваемости НВИ в Свердловской области характеризовалась подъемом с последующей стабилизацией на относительно высоком уровне. Эпидемический сезон продолжался в среднем с октября – ноября по апрель – май. Контингентом риска явились дети в возрасте до 6 лет. Территориальное распределение заболеваемости неоднородно, в отдельных муниципалитетах области регистрируются относительно высокие уровни заболеваемости.

Результаты статистического моделирования заболеваемости НВИ продемонстрировали отрицательную взаимосвязь между заболеваемостью и воздействием погодных факторов (температура воздуха, относительная влажность), а также по-

вышенными уровнями заболеваемости COVID-19. Кроме того, на динамику эпидемического процесса, по-видимому, оказывает влияние уровень коллективного иммунитета, хотя оценка подобного влияния затруднена в связи с отсутствием надежных данных о продолжительности иммунитета к норовирусам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Farahmand M, Moghoofoei M, Dorost A, et al. Global prevalence and genotype distribution of norovirus infection in children with gastroenteritis: A meta-analysis on 6 years of research from 2015 to 2020. *Rev Med Virol.* 2022;32(1):e2237. doi: 10.1002/rmv.2237
- Pires SM, Fischer-Walker CL, Lanata CF, et al. Aetiology-specific estimates of the global and regional incidence and mortality of diarrhoeal diseases commonly transmitted through food. *PLoS One.* 2015;10(12):e0142927. doi: 10.1371/journal.pone.0142927
- Wang J, Gao Z, Yang ZR, Liu K, Zhang H. Global prevalence of asymptomatic norovirus infection in outbreaks: A systematic review and meta-analysis. *BMC Infect Dis.* 2023;23(1):595. doi: 10.1186/s12879-023-08519-y
- Barclay L, Park GW, Vega E, et al. Infection control for norovirus. *Clin Microbiol Infect.* 2014;20(8):731-740. doi: 10.1111/1469-0691.12674
- O'Brien SJ, Sanderson RA, Rushton SP. Control of norovirus infection. *Curr Opin Gastroenterol.* 2019;35(1):14-19. doi: 10.1097/MOG.0000000000000491
- Ettayebi K, Tenge VR, Cortes-Penfield NW, et al. New insights and enhanced human norovirus cultivation in human intestinal enteroids. *mSphere.* 2021;6(1):e01136-20. doi: 10.1128/mSphere.01136-20
- Косова А.А. и др. Эпидемиологическая характеристика норовирусной инфекции // Уральский медицинский журнал. 2022. Т. 21. № 3. С. 114–128.
- Чалапа В.И., Машин Т.И., Ан Р.Н. Ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости норовирусной инфекцией в Свердловской области // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 19–20 апреля 2023 года. Екатеринбург: Уральский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2023. С. 2062–2067.
- Kharrati-Kopaei M, Dorosti-Motlagh R. Confidence intervals for the ratio of two independent Poisson rates: Parametric bootstrap, modified asymptotic, and approximate-estimate approaches. *Stat Methods Med Res.* 2020;29(8):2140-2150. doi: 10.1177/0962280219886889
- Shi X, Gallagher C, Lund R, Killick R. A comparison of single and multiple changepoint techniques for time series data. *Comput Stat Data Anal.* 2022;170:107433. doi: 10.1016/j.csda.2022.107433
- Duraj A, Szczepaniak PS. Outlier detection in data streams – A comparative study of selected methods. *Procedia Computer Science.* 2021;192:2769-2778. doi: 10.1016/j.procs.2021.09.047
- Schober P, Vetter TR. Count data in medical research: Poisson regression and negative binomial regression. *Anesth Analg.* 2021;132(5):1378-1379. doi: 10.1213/ANE.0000000000005398
- Beltrán-Beltrán JI, O'Reilly FJ. On goodness of fit tests for the Poisson, negative binomial and binomial distributions. *Statistical Papers.* 2019;60(1):1-18. doi: 10.1007/s00362-016-0820-5
- Мищенко М.А., Кшнясев И.А., Давыдова Ю.А., Вялых И.В. Обоснование статистической модели для описания и прогноза рисков населения подвергнуться атакам иксодовых клещей // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 119–125. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.11
- Zhao J, Jiang F, Zhong L, Sun J, Ding J. Age patterns and transmission characteristics of hand, foot and mouth disease in China. *BMC Infect Dis.* 2016;16(1):691. doi: 10.1186/s12879-016-2008-y
- Gozuyilmaz S, Kundakcioglu OE. Mathematical optimization for time series decomposition. *OR Spectrum.* 2021;43(2):733-758. doi: 10.1007/s00291-021-00637-w
- Dhimal M, Bhandari D, Karki KB, et al. Effects of climatic factors on diarrheal diseases among children below 5 years of age at national and subnational levels in Nepal: An ecological study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(10):6138. doi: 10.3390/ijerph19106138
- Horn LM, Hajat A, Sheppard L, et al. Association between precipitation and diarrheal disease in Mozambique. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(4):709. doi: 10.3390/ijerph15040709
- Andhikaputra G, Sapkota A, Lin YK, et al. The impact of temperature and precipitation on all-infectious-, bacterial-, and viral-diarrheal disease in Taiwan. *Sci Total Environ.* 2023;862:160850. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160850
- Setty KE, Enault J, Loret JF, Puigdomenech Serra C, Martin-Alonso J, Bartram J. Time series study of weather, water quality, and acute gastroenteritis at Water Safety Plan implementation sites in France and Spain. *Int J Hyg Environ Health.* 2018;221(4):714-726. doi: 10.1016/j.ijheh.2018.04.001
- Morral-Puigmal C, Martínez-Solanas È, Villanueva CM, Basagaña X. Weather and gastrointestinal disease in Spain: A retrospective time series regression study. *Environ Int.* 2018;121(Pt 1):649-657. doi: 10.1016/j.envint.2018.10.003
- Aik J, Ong J, Ng LC. The effects of climate variability and seasonal influence on diarrhoeal disease in the tropical city-state of Singapore – A time-series analysis. *Int J Hyg Environ Health.* 2020;227:113517. doi: 10.1016/j.ijheh.2020.113517
- Bruggink LD, Garcia-Clapes A, Tran T, Druce JD, Thorley BR. Decreased incidence of enterovirus and norovirus infections during the COVID-19 pandemic, Victoria, Australia, 2020. *Commun Dis Intell (2018).* 2021;45. doi: 10.33321/cdi.2021.45.5
- Епифанова Н.В., Опарина С.В., Зверев В.В., Кашникова А.Ю., Новикова Н. А. Циркуляция норовирусов в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции // Сборник трудов XIII Ежегодного Всероссийского Конгресса по инфекционным болезням имени академика В.И. Покровского, Москва, 2021. Общество с ограниченной ответственностью «Медицинское Маркетинговое Агентство», 2021. С. 59.
- Lappe BL, Wikswo ME, Kambhampati AK, et al. Predicting norovirus and rotavirus resurgence in the United States following the COVID-19 pandemic: a mathematical modelling study. *BMC Infect Dis.* 2023;23(1):254. doi: 10.1186/s12879-023-08224-w

REFERENCES

- Farahmand M, Moghoofoei M, Dorost A, et al. Global prevalence and genotype distribution of norovirus infection in children with gastroenteritis: A meta-analysis on 6 years of research from 2015 to 2020. *Rev Med Virol.* 2022;32(1):e2237. doi: 10.1002/rmv.2237
- Pires SM, Fischer-Walker CL, Lanata CF, et al. Aetiology-specific estimates of the global and regional incidence and mortality of diarrhoeal diseases commonly transmitted through food. *PLoS One.* 2015;10(12):e0142927. doi: 10.1371/journal.pone.0142927

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-10-87-94>
Original Research Article

3. Wang J, Gao Z, Yang ZR, Liu K, Zhang H. Global prevalence of asymptomatic norovirus infection in outbreaks: A systematic review and meta-analysis. *BMC Infect Dis.* 2023;23(1):595. doi: 10.1186/s12879-023-08519-y
4. Barclay L, Park GW, Vega E, et al. Infection control for norovirus. *Clin Microbiol Infect.* 2014;20(8):731-740. doi: 10.1111/1469-0691.12674
5. O'Brien SJ, Sanderson RA, Rushton SP. Control of norovirus infection. *Curr Opin Gastroenterol.* 2019;35(1):14-19. doi: 10.1097/MOG.0000000000000491
6. Ettayebi K, Tenge VR, Cortes-Penfield NW, et al. New insights and enhanced human norovirus cultivation in human intestinal enteroids. *mSphere.* 2021;6(1):e01136-20. doi: 10.1128/mSphere.01136-20
8. Chalapa VI, Mashin TI, An RN. Norovirus infection in Sverdlovsk Region: A descriptive study. In: *Urgent Issues of Contemporary Medical Science and Health Care: Proceedings of the Eighth International Congress of Young Scientists and Students, Yekaterinburg, April 19–20, 2023.* Yekaterinburg: Ural State Medical University Publ.; 2023;2062-2067. (In Russ.)
9. Kharrati-Kopaei M, Dorosti-Motlagh R. Confidence intervals for the ratio of two independent Poisson rates: Parametric bootstrap, modified asymptotic, and approximate-estimate approaches. *Stat Methods Med Res.* 2020;29(8):2140-2150. doi: 10.1177/0962280219886889
10. Shi X, Gallagher C, Lund R, Killick R. A comparison of single and multiple changepoint techniques for time series data. *Comput Stat Data Anal.* 2022;170:107433. doi: 10.1016/j.csda.2022.107433
11. Duraj A, Szczepaniak PS. Outlier detection in data streams – A comparative study of selected methods. *Procedia Computer Science.* 2021;192:2769-2778. doi: 10.1016/j.procs.2021.09.047
12. Schober P, Vetter TR. Count data in medical research: Poisson regression and negative binomial regression. *Anesth Analg.* 2021;132(5):1378-1379. doi: 10.1213/ANE.0000000000005398
13. Beltrán-Beltrán JI, O'Reilly FJ. On goodness of fit tests for the Poisson, negative binomial and binomial distributions. *Statistical Papers.* 2019;60(1):1-18. doi: 10.1007/s00362-016-0820-5
14. Mishchenko VA, Kshnyasev IA, Davydova YuA, Vyalykh IV. Substantiation of statistical model to describe and predict risks of tick bites for population. *Health Risk Analysis.* 2022;(3):119–125. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.11.eng
15. Zhao J, Jiang F, Zhong L, Sun J, Ding J. Age patterns and transmission characteristics of hand, foot and mouth disease in China. *BMC Infect Dis.* 2016;16(1):691. doi: 10.1186/s12879-016-2008-y
16. Gozuyilmaz S, Kundakcioglu OE. Mathematical optimization for time series decomposition. *OR Spectrum.* 2021;43(2):733-758. doi: 10.1007/s00291-021-00637-w
17. Dhimal M, Bhandari D, Karki KB, et al. Effects of climatic factors on diarrheal diseases among children below 5 years of age at national and subnational levels in Nepal: An ecological study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(10):6138. doi: 10.3390/ijerph19106138
18. Horn LM, Hajat A, Sheppard L, et al. Association between precipitation and diarrheal disease in Mozambique. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(4):709. doi: 10.3390/ijerph15040709
19. Andhikaputra G, Sapkota A, Lin YK, et al. The impact of temperature and precipitation on all-infectious-, bacterial-, and viral-diarrheal disease in Taiwan. *Sci Total Environ.* 2023;862:160850. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160850
20. Setty KE, Enault J, Loret JF, Puigdomenech Serra C, Martin-Alonso J, Bartram J. Time series study of weather, water quality, and acute gastroenteritis at Water Safety Plan implementation sites in France and Spain. *Int J Hyg Environ Health.* 2018;221(4):714-726. doi: 10.1016/j.ijheh.2018.04.001
21. Morral-Puigmal C, Martínez-Solanas È, Villanueva CM, Basagaña X. Weather and gastrointestinal disease in Spain: A retrospective time series regression study. *Environ Int.* 2018;121(Pt 1):649-657. doi: 10.1016/j.envint.2018.10.003
22. Aik J, Ong J, Ng LC. The effects of climate variability and seasonal influence on diarrhoeal disease in the tropical city-state of Singapore – A time-series analysis. *Int J Hyg Environ Health.* 2020;227:113517. doi: 10.1016/j.ijheh.2020.113517
23. Bruggink LD, Garcia-Clapes A, Tran T, Druce JD, Thorley BR. Decreased incidence of enterovirus and norovirus infections during the COVID-19 pandemic, Victoria, Australia, 2020. *Commun Dis Intell* (2018). 2021;45. doi: 10.33321/cdi.2021.45.5
24. Epifanova NV, Oparina SV, Zverev VV, Kashnikov AYU, Novikova NA. [Norovirus circulation during the COVID-19 pandemic.] In: *Infectious Diseases in the Modern World: Evolution, Current and Future Threats: Proceedings of the 13th Annual Russian Congress on Infectious Diseases Named after Academician Pokrobsky, Moscow, May 24–26, 2021.* Moscow: Medical Marketing Agency Publ.; 2021:59. (In Russ.)
25. Lappe BL, Wikswo ME, Kambhampati AK, et al. Predicting norovirus and rotavirus resurgence in the United States following the COVID-19 pandemic: a mathematical modelling study. *BMC Infect Dis.* 2023;23(1):254. doi: 10.1186/s12879-023-08224-w

Сведения об авторах:

✉ **Чалапа** Владислав Игоревич – аспирант кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России; научный сотрудник ФБУН ФНИИВИ «Виром» Роспотребнадзора; e-mail: neekewa@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5823-5257>.

Косова Анна Александровна – к.м.н., доцент, заведующая кафедрой эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России; e-mail: kosova_anna2003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0268-8887>.

Машин Тихон Ильясевич – ординатор кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России; e-mail: tihonmashin@gmail.com.

Ан Розалия Николаевна – доцент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России; e-mail: rozaliya.an.2022@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2917-7955>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Косова А.А., Ан Р.Н.; сбор данных: Машин Т.И., Чалапа В.И.; анализ и интерпретация результатов: Косова А.А., Чалапа В.И., Машин Т.И.; подготовка проекта рукописи: Косова А.А., Чалапа В.И. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: не применимо (исследование является описательным и основано на данных государственной статистики и публично доступных данных).

Финансирование: работа проводилась в рамках выполнения государственного задания «Мониторинг циркуляции и генетического разнообразия возбудителей норовирусной инфекции».

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 14.09.23 / Принята к публикации: 10.10.23 / Опубликовано: 31.10.23

Author information:

✉ Vladislav I. **Chalapa**, Postgraduate student, Department of Epidemiology, Public Health and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Ural State Medical University; Researcher, Federal Research Institute of Viral Infections "Virom"; e-mail: neekewa@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5823-5257>.

Anna A. **Kosova**, Cand. Sci. (Med.), docent, Head of the Department of Epidemiology, Public Health and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Ural State Medical University; e-mail: kosova_anna2003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0268-8887>.

Tikhon I. **Mashin**, resident, Department of Epidemiology, Public Health and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Ural State Medical University; e-mail: tihonmashin@gmail.com.

Rosalia N. **An**, Cand. Sci. (Med.), docent; Associate Professor of the Department of Epidemiology, Public Health and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Ural State Medical University; e-mail: rozaliya.an.2022@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2917-7955>.

Author contributions: study conception and design: Kosova A.A., An R.N.; data collection: Mashin T.I., Chalapa V.I.; analysis and interpretation of results: Kosova A.A., Chalapa V.I., Mashin T.I.; draft manuscript preparation: Kosova A.A., Chalapa V.I. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable. The study is descriptive; it is based on statistics and publicly available data.

Funding: This study was conducted within implementation of the government assignment "Monitoring of the circulation and genetic diversity of the pathogens of norovirus infection".

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: September 14, 2023 / Accepted: October 10, 2023 / Published: October 31, 2023