

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ
Направление – Математическое моделирование

УДК [UDC] 004.942+51-77
DOI10.17816/transsyst20206488-97

© В. П. Герасименко

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
(Санкт-Петербург, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЖИТЕЛЕЙ РЕГИОНОВ КОРОНАВИРУСОМ COVID-19

Обоснование: Необходимость исследования обусловлена существенным запросом практики принятия обоснованных решений на изоляцию населения в условиях существования повышенных рисков его заражения.

Цель: Выполнить математическое моделирование динамики региональных ключевых показателей распространения эпидемии коронавируса и с их помощью оценить прогноз изменения сроков ее завершения.

Методы: Использован регрессионный анализ как один из методов, использующий наилучшую оценку параметром статистических моделей, обеспечивая высокое качество. Для построения моделей использованы статистические данные, которые формируются путем мониторинга координационными советами по борьбе с распространением COVID-19 в регионах и в стране.

Результаты: Предложенный методический аппарат позволил, на основании мониторинговых данных координационного совета по борьбе с распространением коронавируса Санкт-Петербурга, осуществить моделирование и прогнозирование хода заболевания и лечения в регионе.

Практическая значимость: Предлагаемый подход дает возможность обосновано рекомендовать администрации и органам здравоохранения управленческие решения по созданию нормальных экономических и социальных условий жизни жителей регионов России, их занятости, в том числе обучению, в период распространения коронавируса.

Рекомендации: Продолжать совершенствование аппарата моделирования и прогнозирования ключевых показателей распространения COVID-19.

Ключевые слова: пандемия COVID-19, регрессионная модель, ключевые показатели, коррелограмма, прогноз.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Mathematical Modeling

© **P. V. Gerasimenko**

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
(St. Petersburg, Russia)

MODELING AND PREDICTION OF INDICATORS OF DYNAMICS OF DISEASES OF RESIDENTS OF REGIONS CORONAVIRUS COVID-19

Background: To carry out mathematical modeling of key indicators of the spread of the coronavirus epidemic and, with their help, evaluate the forecast of the dynamics of its completion time.

Aim: Due to a substantial request for the practice of making informed decisions to isolate the population in the face of the uncertainty of the increased risks of infection.

Methods: The regression analysis was used as a method that uses the best parameter estimation of mathematical models, providing high quality dynamics of key indicators of the spread of the epidemic. To build the models, statistical data were used, which are generated by monitoring by coordinating councils to combat the spread of COVID-19 in the regions of the Russian Federation.

Results: The proposed methodological apparatus allowed, based on the monitoring data of the coordinating council to combat the spread of St. Petersburg coronavirus, to carry out modeling and prediction of the course of the disease in the region.

Conclusion: The proposed approach makes it possible to justifiably recommend management decisions to the administration and health authorities to create normal economic and social living conditions for residents of Russian regions, their employment, including training, during the spread of coronavirus.

Recommendations: Continue to improve the apparatus for modeling and forecasting key distribution indicators of COVID-19.

Keywords: COVID-19 pandemic, regression model, key indicators, correlogram, forecast.

ВВЕДЕНИЕ

Экономические условия жизни жителей регионов России, их занятость, в том числе обучение, в период распространения коронавируса во многом определяются длительностью борьбы с ним. Они в свою очередь зависят от предпринимаемых совместных мероприятий, проводимых медицинскими и административными органами, а также принятием мероприятий населением местности, где эпидемия распространяется.

Механизм процесса заболевания коронавирусом, по утверждению специалистов здравоохранения, осуществляется за счет передачи вируса воздушно-капельным путем от человека к человеку при контактах

здоровой части населения с больной. У автора настоящей статьи, который не является специалистом в области медицины, нет сомнения, что специалисты этой области науки владеют знаниями и доступно для специалистов могут объяснить возникновение и распространение пандемии COVID-19.

Однако, так как пандемия затрагивает жизнь всего населения, которое состоит из жителей с разным уровнем подготовки к восприятию медицинской трактовки распространения эпидемии и степени влияния ее на здоровье людей, то медицинская трактовка не всегда удовлетворительно воспринимается населением.

Это наглядно подтверждают те «баталии», которые ведутся между специалистами разных областей знаний на телевидении и которые в большинстве случаев не приводят к единым взглядам на проводимые мероприятия как администрацией, так и медицинскими учреждениями.

Возникающие непонимания являются следствием разной трактовки участниками обсуждений эпидемии ключевых понятий и показателей, которые либо недоступны основной массе, либо не отражают суть протекающих процессов заражения. Ключевые понятия и показатели, а также характер их изменения во-времени должны быть понятны в первом приближении любому жителю региона. Именно характер изменения должен в едином времени моделироваться и отображаться средствами массовой информации для населения. Их роль должна быть направлена на понимание возможных последствий распространения эпидемии в случае невыполнения проводимых в регионе мероприятий.

Поэтому сегодня одной из актуальных задач, решение которой будет полезно для населения, специалистов в сфере здравоохранения и администраций регионов, является разработка методического аппарата для моделирования и прогнозирования по статистическим данным протекания заболевания и выздоровления населения.

Автор настоящей статьи, на примере моделирования и прогнозирования по статистическим данным динамики развития заболевания и лечения коронавируса в Санкт-Петербурге, предлагает путь проведения исследования прогнозных ключевых показателей. По их значениям и характеру изменения можно демонстрировать населению достижения санаторно-эпидемиологического режима или последствия его невыполнения.

Для этого предлагается акцентировать внимание населения на мероприятия, которые направлены на активное сопровождение и вмешательство в процессы заболевания коронавирусом, условно разделив их на два типа: административно-санитарные и лечебно-административные.

На административно-санитарных мероприятиях роль администраций заключается в недопущении, по крайней мере, на снижение, контактов здоровой части населения с больной, поскольку отсутствие контактов может быть самым эффективным способом снижения уровня заболеваемости населения. Роль медицинских работников должна быть направлена на выявление и направление заболевших коронавирусом в лечебные учреждения. Ключевыми показателями, деятельности как администрации, так и санитарной службы по этому направлению являются суммарное (интегральное) число заболевших с начала пандемии до момента ее оценивания и ежесуточный прирост заболевших (дифференциальная оценка).

Второй тип мероприятий связан с ролью лечащего медицинского персонала по сохранению жизни заболевших. При этом все необходимое медицинское обеспечение должно осуществляться руководящим и контролирующим составом администрации. Ключевыми показателями совместной деятельности медицины и администрации выступает суммарное (интегральное) число и число прироста (дифференциальное) выздоровевших жителей. Значимыми показателями являются также суммарное (интегральное) число и число прироста (дифференциальное) смертей.

Комплексными показателями, характеризующими оба типа мероприятий, являются суммарная и дифференциальная разности между соответствующими показателями, то есть число больных, находящихся в лечебных учреждениях и изолированных в домашних условиях. Допустимые уровни ключевых показателей должны совместно устанавливаться администрацией и медициной. Именно они должны определять ограничительные меры, вводимые для населения.

Исходными данными для моделирования и прогнозирования названных показателей должны выступать статистические данные, наблюдаемые в ходе развития эпидемии. В настоящее время координационными советами по борьбе с распространением COVID-19 в РФ проводится мониторинг числовых значений ключевых показателей как в целом по стране, так и по отдельным административно-территориальным регионам. Лица ответственные за борьбу с распространением коронавируса располагают, а затем и публикуют массивы статистических данных всех ключевых показателей, которые по своей сути являются временными (динамическими) рядами.

Следует отметить, что по мнению специалистов, эпидемия коронавируса может продлиться долго. Действительно, желание администраций восстановить экономику, заставляет их в регионах снимать ограничения, которые вводятся в процессе борьбы с коронавирусом, а,

следовательно, как снятие ограничений, так и сама природа вируса, могут приводить к возврату эпидемии.

Поэтому, для администраций регионов и специалистов в сфере здравоохранения требуется наличие такого методического аппарата моделирования и прогнозирования по статистическим данным, который способен отображать изменение протекания заболевания и выздоровления населения во времени.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИИ КОРОНАВИРУСА В ГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Как отмечалось, в работе на примере моделирования и прогнозирования показателей заражения и выздоровления рассмотрена динамика изменения ключевых показателей процесса развития коронавируса в городе Санкт-Петербурге.

В качестве математического аппарата использованы временные ряды (динамические ряды) и регрессионный анализ. При этом принято допущение, что ряды являются стационарными, соответственно их свойства не зависят от момента времени [1], [2]. Возможность такого допущения была подтверждена на основании построенных коррелограмм. Временные ряды для всех исследований формировались по статистическим данным, приводимым в [3].

Реализация, используемого аппарата, применительно к развивающейся эпидемии коронавируса в Санкт-Петербурге, выполнена с помощью ППП Excel, в основе которых положен метод наименьших квадратов. В качестве математических моделей использованы полиномиальные функции регрессии. Для построения моделей временные ряды формировались по статистическим данным количества зараженных, выздоровевших и больных [3], начиная с 45-х суток с начала эпидемии в стране (14.04.2020) и заканчивая 128-ми сутками (06.07.2020).

На Рис. 1 представлены опытные и теоретические значения зараженных, вылечившихся и больных жителей Санкт-Петербурга по данным на 08 июня 2020 года.

Из рисунка следует, что все суммарные ключевые показатели как опытные (наблюдаемые) значения, так и теоретические по кубической зависимости практически совпадают. Для оценки качества и установления адекватности модели суммарных значений использовался коэффициент детерминации. На Рис. 1 приведены коэффициенты детерминации, на основании которых можно заключить, что модели с высоким качеством объясняют кубическую зависимость. Величина коэффициента детерминации, как это следует из рисунка, составляет 0,98 и 0,99.

Другими словами, теснота связи между ключевыми показателями и порядковым номером суток составляет 98 % или 99 %, то есть связь практически детерминированная. Согласно моделей, прогнозируемое совпадение числа пораженных и выздоровевших жителей следовало ожидать на 127-е сутки при соблюдении установленного режима ограничения в городе.

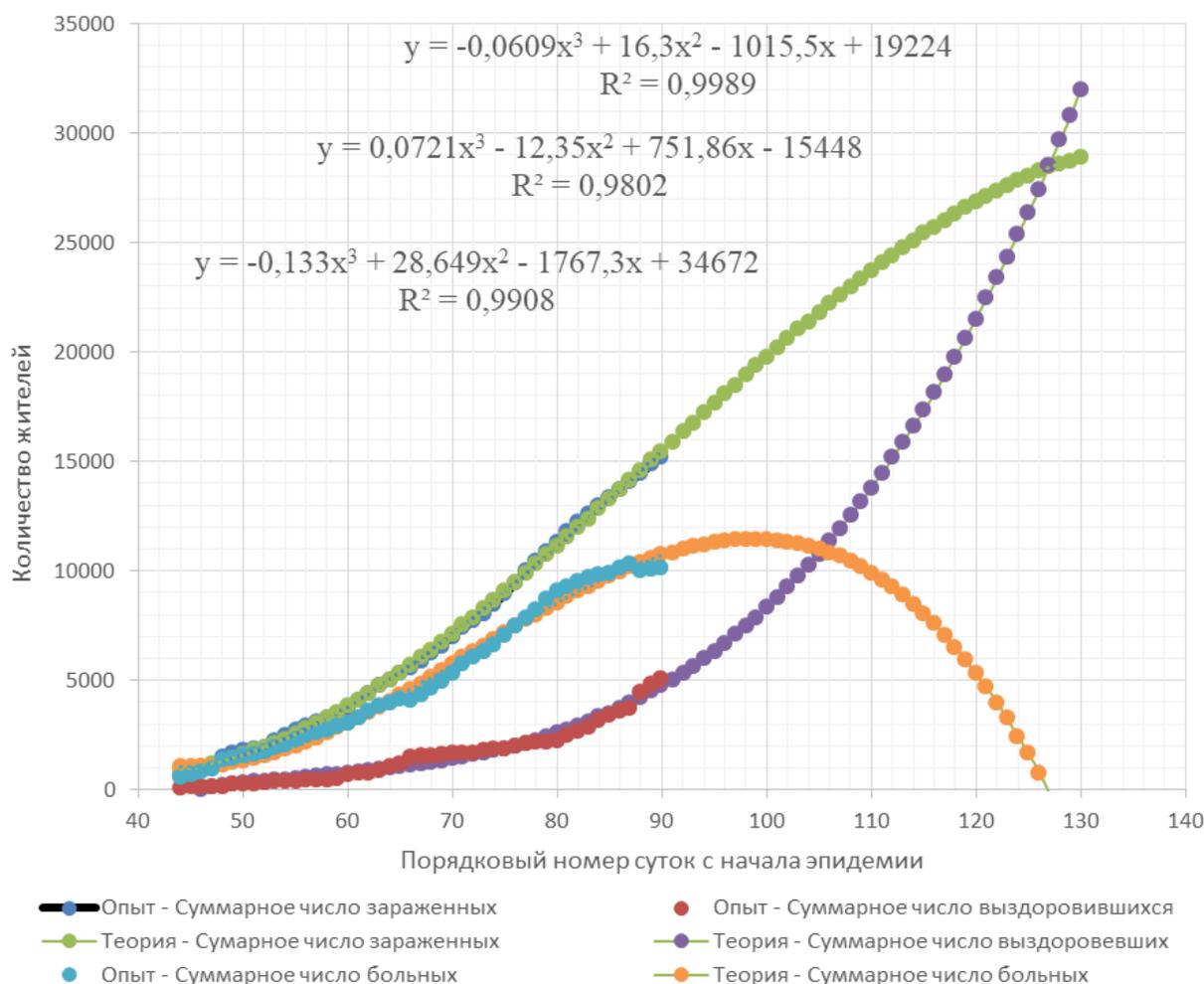


Рис. 1. Суммарные опытные и теоретические количества зараженных, выздоровевших и больных жителей Санкт-Петербурга за период с 14.04.2020 по 08.06.2020

Следует отметить, что все ключевые показатели и в дальнейшем сохраняли свои тенденции, за исключением числа пораженных. Как показали результаты обработки мониторинга, начиная с 115-х суток число зараженных стало более интенсивно расти по сравнению со значениями модели. Характер изменения видно на основании графиков (Рис. 2), построенных по моделям, которые использованы статистические данные за период 14.04.2020 по 06.07.2020.

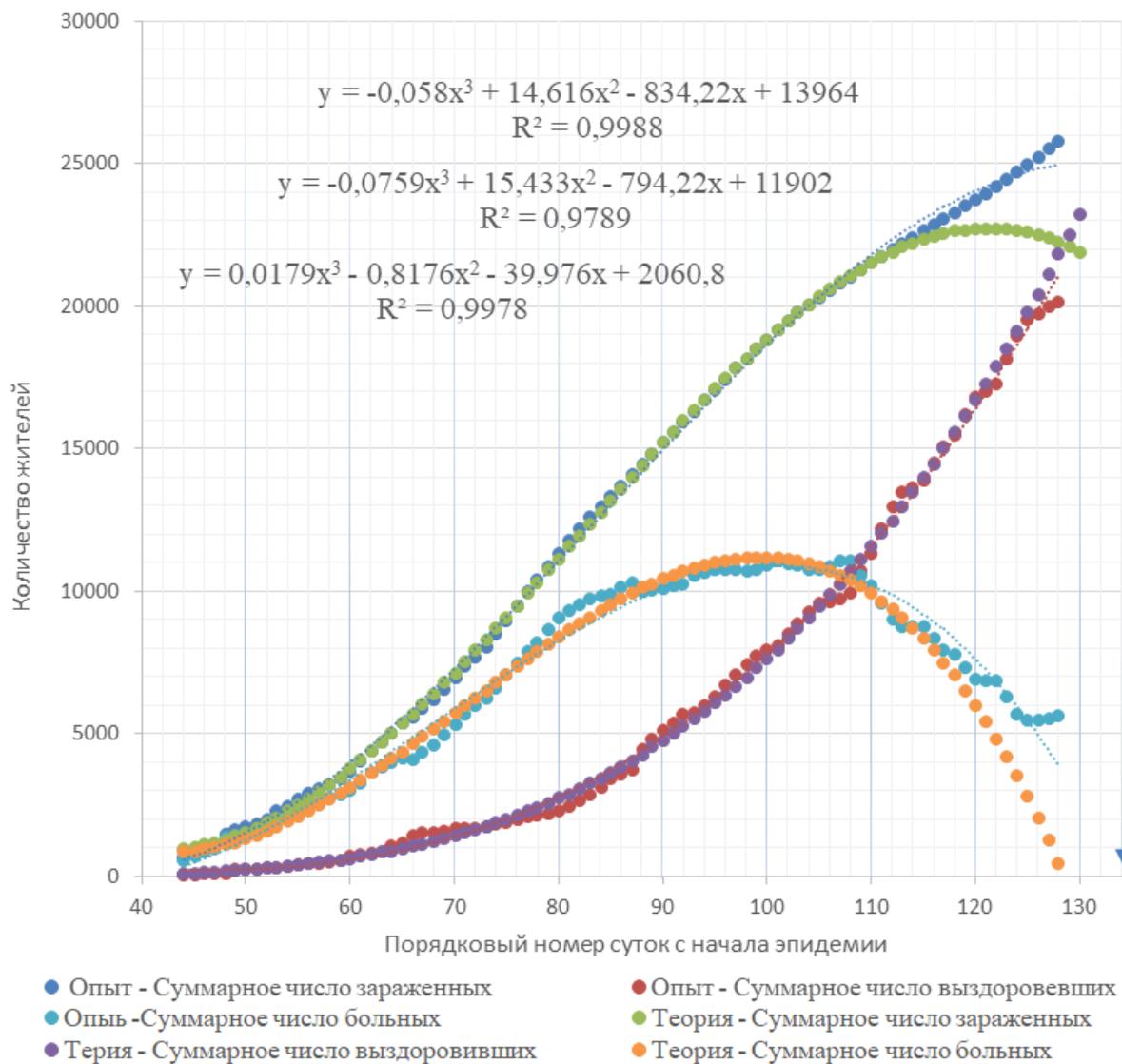


Рис. 2. Суммарные опытные и теоретические количества зараженных, выздоровевших и больных жителей Санкт-Петербурга за период с 14.04.2020 по 06.07.2020

Из рисунка следует, что теоретическая кривая зараженности, вплоть до 114-х суток, совпадает с опытным ростом показателя, а именно до максимального значения зараженности, после чего падает. Величину роста суммарной зараженности более четко можно наблюдать на основании графиков ежесуточного прироста зараженности (дифференциальный показатель), как это следует из Рис. 3.

На основании моделирования динамики суточного количества зараженных выявлено, что прогнозное значение роста зараженности, выполненное на 25-е мая (90-е сутки), как по квадратичной, так и по кубической моделям подтверждало приближение прироста к нулю на 126-е сутки.

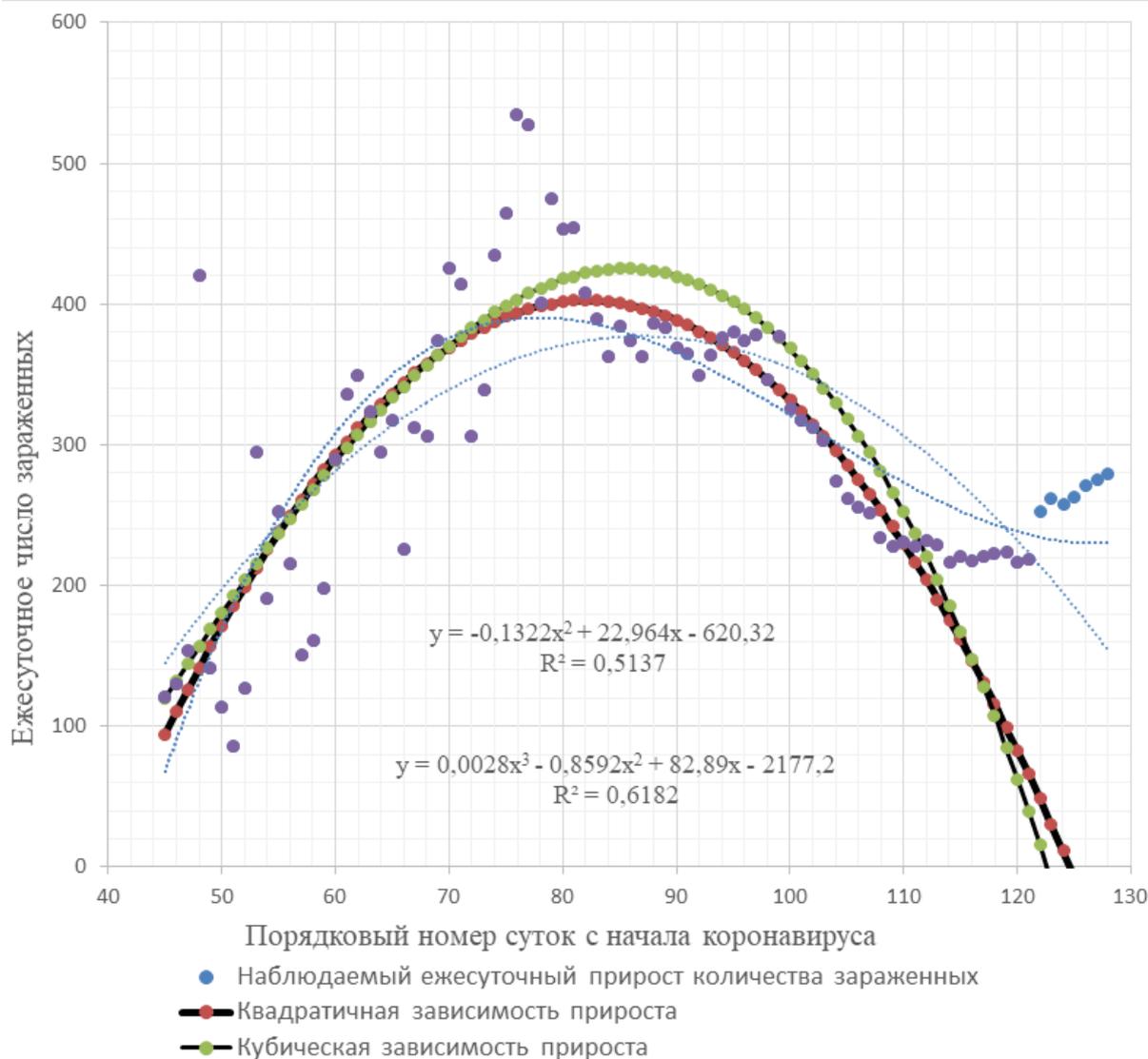


Рис. 3. Изменение прироста количества зараженных в сутки в Санкт-Петербурге в период с 14.04.2020 (40-е сутки) по 06.07.2020 (128-е сутки)

Из рисунка следует, что на 82-е сутки прирост достиг максимума (для него применяют по телевидению слово «плато») и в течении недели развитие проходило ритмично со снижением количества инфицированных. На 89-х сутках произошел небольшой скачок заболевания, после чего снова повторение снижения. Этот процесс повторялся несколько раз. Скорее причиной служило нарушение режима самоизоляции населения в праздничные дни.

Таким образом, изменение прироста числа зараженных в городе Санкт-Петербурге относительно качественно моделировалось до 114-и суток как квадратичной, так и кубической функциями регрессии, которые были построены по статистическим данным. С учетом отклонения реального хода динамики зараженности от модельного, построенного

на 28 июня, выполнено построение новой модели за временной период с 80-х до 128-х сутки (Рис. 4).

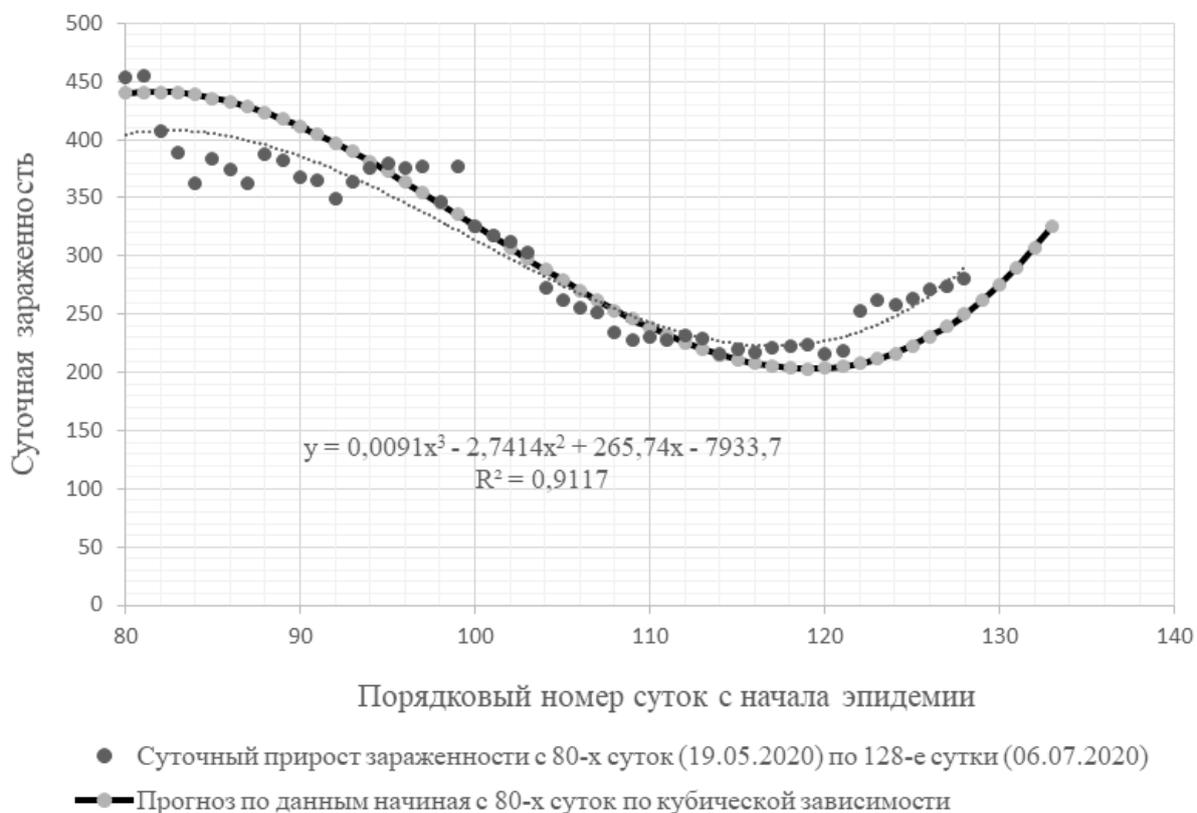


Рис. 4. Изменение количества зараженных в сутки в Санкт-Петербурге в период с 19.05.2020 (80-е сутки) по 06.07.2020 (128-е сутки)

График модели показывает, что выход на ноль зараженности в ближайшее время ожидать не следует. Ежесуточный прирост заболевания, начиная со 105-х суток, что соответствует дате 13-е июня, стабилизировался и держится на уровне 220–270 зараженных жителей. Такое развитие распространения коронавируса сместит прогнозную дату завершения заболевания коронавирусом. Ее установление требует дополнительных исследований дополняя новыми статистическими данными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, административно-санитарные мероприятия, продолжая играть важную роль в жизни населения, требуют серьезного внимания и изучения. Правда, можно предположить, что при низкой смертности, даже при отсутствии средств лечения, экономика региона может требовать снятия ограничений, а, соответственно, ожидать

увеличение зараженности. Но в этом случае требуется тщательное отслеживание динамики ключевых показателей их развития, не допуская сильного увеличения. При низкой смертности населения это может по данным медицины иметь положительный эффект, поскольку будет обеспечивать одновременно иммунизированность (иммунизацию) населения.

Автор заявляет, что настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Теория статистики: Учебник / Под ред. проф. Г.Л. Громько. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИРФРА-М, 2006. – 476 с. [Gromyko GL, etditor. *Teoriya statistiki: Uchebnik*. Moscow: IRFRA-M; 2006. 476 p. (In Russ.)].
2. Герасименко П.В., Ходаковский В.А. Введение в эконометрику. Учебное пособие. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2005. – 60 с. [Gerasimenko PV, Hodakovskij VA. *Vvedenie v ekonometrikku*. St. Petersburg: PGUPS; 2005. 60 p. (In Russ.)].
3. Коронавирус онлайн. [Koronavirus onlajn [Internet] (In Russ.)]. Доступно по: <https://coronavirus-tracking.ru/sankt-peterburg>. Ссылка активна на: 20.10.2020.

Сведения об авторе:

Герасименко Петр Васильевич, доктор технических наук, профессор;
адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9;
eLibrary authorID: 524983; ORCID: 0000-0002-7546-661X; Scopus Author ID: 7005769656
E-mail: pv39@mail.ru

Information about the author:

Petr V. Gerasimenko, Doctor of Technical Sciences, Professor;
eLibrary authorID: 524983; ORCID: 0000-0002-7546-661X; Scopus Author ID: 7005769656
E-mail: pv39@mail.ru

Цитировать:

Герасименко П.В. Моделирование и прогнозирование показателей динамики заболевания жителей регионов коронавирусом COVID-19 // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – № 4. – С. 88–97. doi: 10.17816/transsyst20206488-97

To cite this article:

Gerasimenko PV. Modeling and Prediction of Indicators of Dynamics of Diseases of Residents of Regions Coronavirus COVID-19. *Transportation Systems and Technology*. 2020;6(4):88-97. doi: 10.17816/transsyst20206488-97