

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КОРОНАВИРУСОМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ВЕСНОЙ-ЛЕТОМ 2020 ГОДА

П.С. Гринчук

Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск.

gps@hmti.ac.by

(26 апреля 2020 г.)

Статистические данные, накопившиеся по заболеваемости коронавирусом на территории Республики Беларусь, позволяют сделать определенный прогноз по развитию эпидемической ситуации на ближайшее время. В качестве исходных данных для анализа будут использованы официальные статистические данные в период с 6 марта по 24 апреля 2020 г., которые аккумулируются на сайте [1] (рисунок 1).

Зараженные, выздоровевшие и умершие от коронавируса в Беларуси

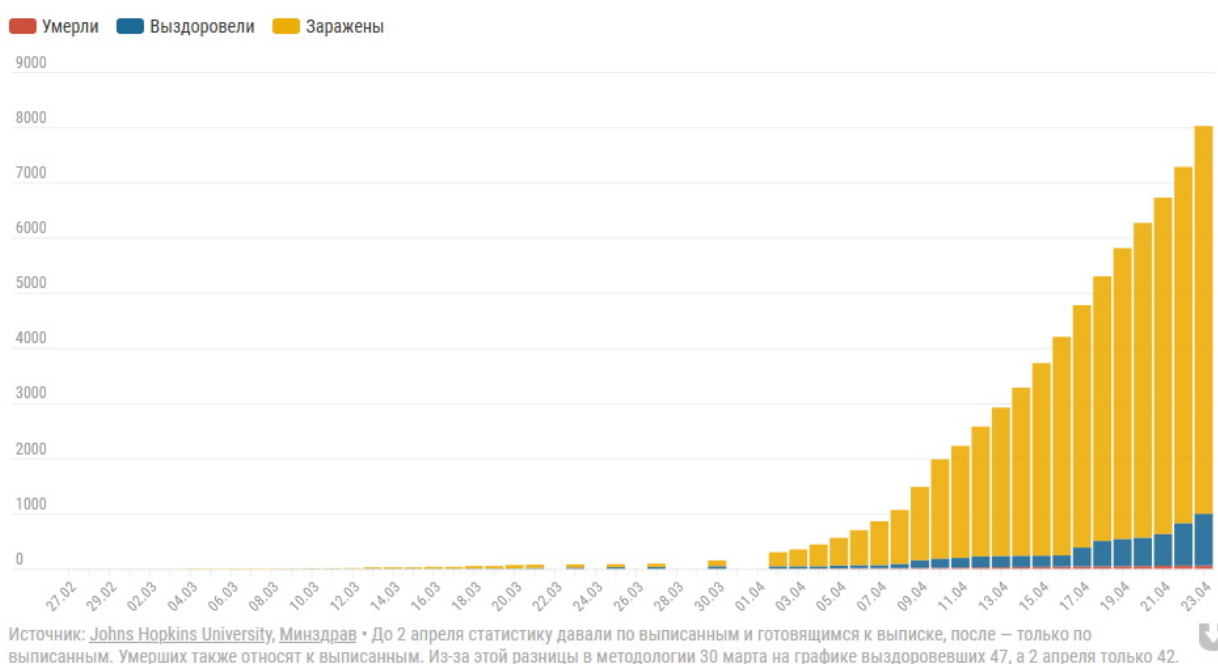


Рисунок 1. Данные по заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь по состоянию на 23 апреля 2020 [1].

В качестве инструмента математического анализа имеющихся данных воспользуемся результатами работы [2]. Авторы [2] выявили степенную зависимость для скорости распространения данного заболевания. Подробности, относящиеся к этому факту, обсуждаются ниже. Для определенности назовем количеством вовлеченных в заболевание ко дню n количество людей, болеющих, выздоровевших и умерших к данному дню включительно, отсчитывая от дня регистрации первого случая. Обозначим количество вовлеченных в заболевание людей ко дню n как $C(n)$.

Построим в двойном логарифмическом масштабе зависимость количества вовлеченных $C(n+1)$ в день $n+1$ от количества вовлеченных в предыдущий день $C(n)$. Применительно к рассматриваемым статистическим данным для Республики Беларусь такая зависимость по состоянию на 24 апреля 2020 г. показана на рисунке 2. Данные хорошо аппроксимируются линейной зависимостью.

$$\ln C(n+1) = \beta \ln C(n) + \ln \alpha \quad (1)$$

$$C(n+1) = \alpha [C(n)]^\beta \quad (2)$$

Здесь α , β - это константы. Причем β - показатель степени, который, по нашему мнению, имеет первостепенное значение в этом анализе. Поскольку при малом количестве вовлеченных имеют место большие флуктуации данных, то, как можно видеть из рисунка 2, хорошая точность линейной аппроксимации имеет место только когда количество вовлеченных больше 100. Поэтому начальная точка аппроксимации, когда $C(n) > 100$, соответствует дате 30 марта (152 вовлеченных). Этот день взят за точку отсчета в представленных ниже прогнозных расчетах. Таким образом, фактически анализируется период продолжительностью 25 дней. Для белорусских статистических данных указанные выше константы аппроксимации равны

$$\alpha = 1.75(2), \beta = 0.946. \quad (3)$$

Авторы работы [2] анализировали статистику по заболеваемости коронавирусом в Италии, Франции и Китае в период с 22 января по 15 марта 2020 г., т.е. в течение 53 дней. Они получили одинаковые значения для указанных стран

$$\alpha = 2.173, \beta = 0.928. \quad (4)$$

Отметим, что на данный момент в нашем случае статистических данных приблизительно в 2 раза меньше. Это обуславливает, в частности, возможную большую погрешность прогнозных оценки.

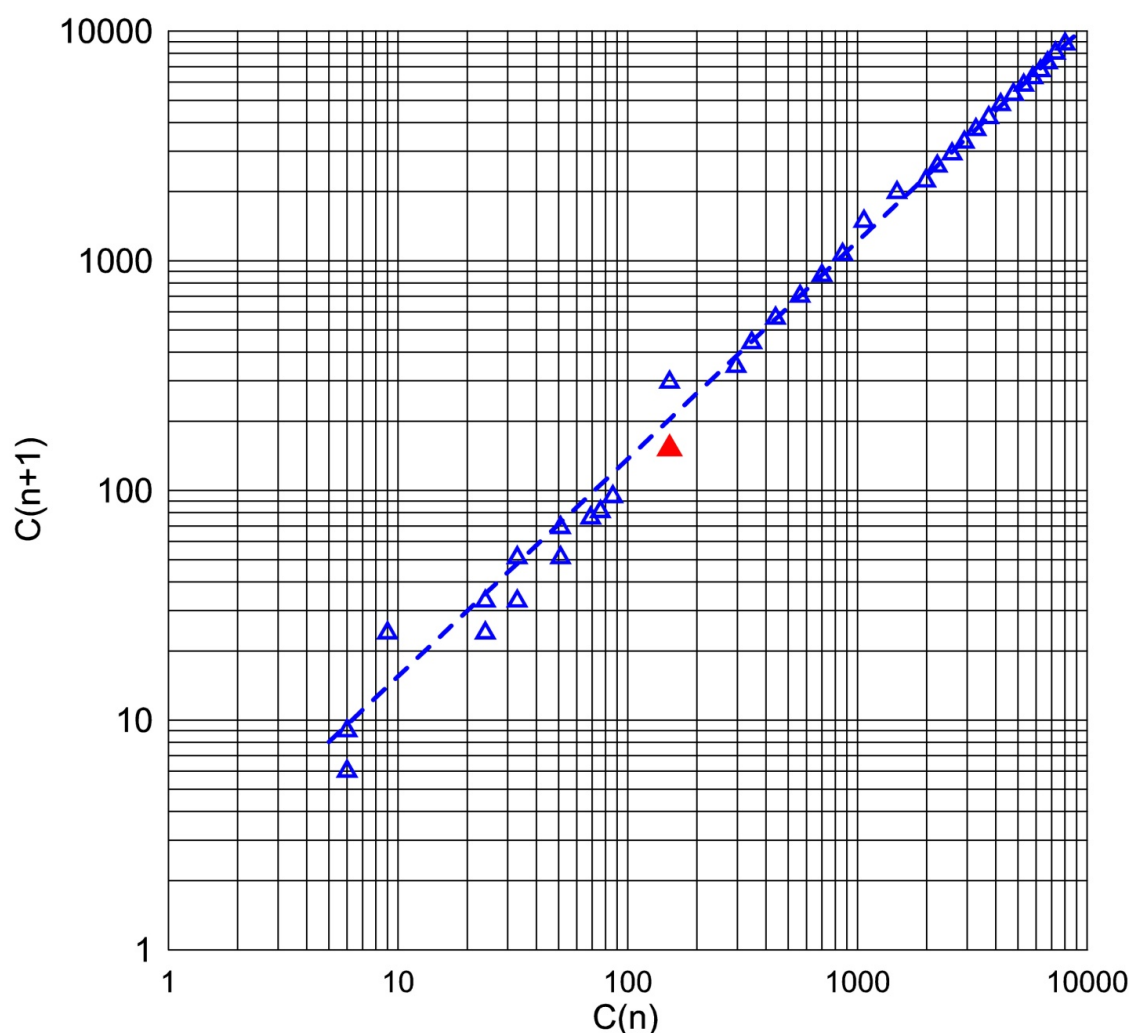


Рисунок 2. Зависимость количества вовлеченных $C(n+1)$ в день $n+1$ от количества вовлеченных в предыдущий день $C(n)$ по статистическим данным заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь в период с 06 марта по 24 апреля 2020 г. [1]. Линейная аппроксимация за период 30 марта (красный символ) – 24 апреля. Экстраполяция данной зависимости на период 6 марта – 29 марта показывает большие флуктуации при малом количестве вовлеченных.

Отметим, что подобная степенная зависимость является характерным признаком фрактальных свойств системы. В данном случае, вероятно, фрактальность обусловлена распространением процесса (заболевания) в динамической сети, которая является моделью человеческого сообщества [3,4].

Можно показать [2], что зависимость (2) приводит к следующей функциональной зависимости числа вовлеченных (заболевших) от времени, т.е. от количества дней n с начала отсчета.

$$C(n) = \alpha^{\frac{1-\beta^n}{1-\beta}} [C(0)]^{\beta^n}. \quad (5)$$

Для построения прогнозной кривой необходимо еще начальное значение количества вовлеченных $C(0)$. Поскольку в начальный период развития эпидемической ситуации данные озвучивались раз в несколько дней, то параметр $C(0)$ получен из условия минимальной ошибки аппроксимации фактических данных по заболеваемости в период 30 марта – 24 апреля. При этом $C(0)$ должна быть целой. Такой подход дал величину

$$C(0) = 100. \quad (6)$$

Результаты прогнозного расчета по функциональной зависимости (5) с параметрами (3), (6) представлен на рисунке 3 и в приложении.

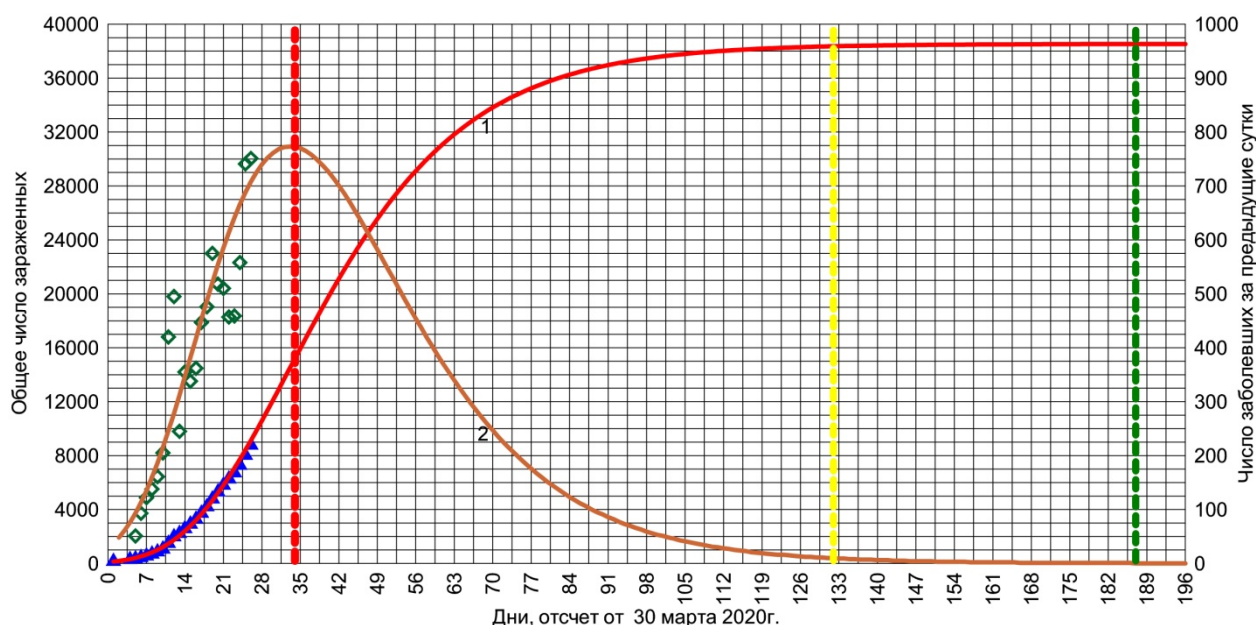


Рисунок 3. Результаты прогнозного расчета для общего количества заболевших коронавирусом в Республике Беларусь весной-летом 2020 г. Кривая 1 (левая ось ординат) – прогнозный расчет для общего количества заболевших; синие символы – фактические данные; 2(правая ось ординат) - прогнозный расчет для количества вновь заболевших в данный день, зеленые символы – фактические данные.

Следует отметить, что представленный метод анализа данных не является абсолютно точным, но, возможно, дает разумную оценку по динамике развития заболеваемости коронавирусом при условии отсутствия кардинальных изменений ситуации (введение жесткого карантина и т.п.). Кратко, результаты такого прогноза следующие.

Максимум заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь может быть достигнут в период **28 апреля - 4 мая 2020 г.** (красная вертикальная линия на рисунке 3). При этом в день будет заболевать около **800 человек**. Уровень заболеваемости в 100 новых случаев в день может быть достигнут к концу июня – началу июля. Уровень заболеваемости в 10 новых случаев в день (или 1 случай

на 1 миллион жителей) может быть достигнут в первой декаде августа (желтая вертикальная линия). Последние случаи заболевания, вероятно, будут фиксироваться в конце сентября – начале октября 2020 г. Всего прогноз дает оценку в **38-40 тысяч заболевших коронавирусом** в Республике Беларусь в период весны-лета 2020 г.

Отметим также, что на основании близкого значения параметров (см. (3) и (4)), можно сделать предварительный вывод о том, что динамика заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь в целом схожа с динамикой распространения этого заболевания в других странах и не демонстрирует каких-то кардинальных отличий.

Автор надеется, что данный прогноз даст дополнительную информацию анализа ситуации и принятия решений для специалистов-эпидемиологов.

Список источников

1. Последняя информация о коронавирусе в Беларуси и мире (URL <https://news.tut.by/coronavirus-map/>)
2. Fanelli D., Piazza F. Analysis and forecast of COVID-19 spreading in China, Italy and France // Chaos, Solitons & Fractals. 2020. V. 134. Art. #. 109761.
3. Volz E., Meyers L. A. Epidemic thresholds in dynamic contact networks // Journal of the Royal Society Interface. 2009. V. 6. Iss. 32. Pp. 233-241.
4. Cai C. R., Wu Z. X., Guan J. Y. Effect of vaccination strategies on the dynamic behavior of epidemic spreading and vaccine coverage // Chaos, Solitons & Fractals. 2014. V. 62. Pp. 36-43.

Приложение. Результаты прогнозного расчета заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь в период весны-лета 2020 г.

Дата	День с начала отсчета	Прогнозное число вовлеченных (заболевших)	Фактическое число заболевших	Количество заболевших за день, прогноз	Количество заболевших за день, факт
1	2	3	4	5	6
30 мар	1	137	152		
31 мар	2	185		48	
01 апр	3	246		61	
02 апр	4	321	296	76	
03 апр	5	414	347	93	51
04 апр	6	527	440	113	93
05 апр	7	662	562	135	122
06 апр	8	822	700	160	138
07 апр	9	1008	861	186	161
08 апр	10	1223	1066	215	205
09 апр	11	1469	1486	246	420
10 апр	12	1748	1981	278	495
11 апр	13	2060	2226	312	245
12 апр	14	2407	2581	347	355
13 апр	15	2788	2919	382	338
14 апр	16	3206	3281	417	362
15 апр	17	3658	3728	453	447
16 апр	18	4146	4204	487	476
17 апр	19	4667	4779	521	575
18 апр	20	5220	5297	554	518
19 апр	21	5805	5807	585	510
20 апр	22	6419	6264	614	457
21 апр	23	7060	6723	641	459
22 апр	24	7726	7281	666	558
23 апр	25	8414	8022	688	741
24 апр	26	9123	8773	708	751
25 апр	27	9848	-	725	
26 апр	28	10588	-	740	
27 апр	29	11340	-	752	
28 апр	30	12101	-	761	
29 апр	31	12869	-	768	
30 апр	32	13641	-	772	
01 май	33	14414	-	773	
02 май	34	15187	-	773	
03 май	35	15957	-	770	
04 май	36	16722	-	765	
05 май	37	17480	-	758	
06 май	38	18229	-	749	
07 май	39	18968	-	739	
08 май	40	19696	-	728	

1	2	3	4	5	6
09 май	41	20411	-	715	
10 май	42	21111	-	701	
11 май	43	21797	-	686	
12 май	44	22466	-	670	
13 май	45	23119	-	653	
14 май	46	23755	-	636	
15 май	47	24373	-	618	
16 май	48	24974	-	600	
17 май	49	25555		582	
18 май	50	26119		563	
19 май	51	26664		545	
20 май	52	27190		527	
21 май	53	27699		508	
22 май	54	28188		490	
23 май	55	28660		472	
24 май	56	29114		454	
25 май	57	29551		437	
26 май	58	29970		419	
27 май	59	30373		403	
28 май	60	30759		386	
29 май	61	31130		370	
30 май	62	31484		355	
31 май	63	31824		340	
01 июн	64	32149		325	
02 июн	65	32460		311	
03 июн	66	32757		297	
04 июн	67	33040		284	
05 июн	68	33311		271	
06 июн	69	33570		259	
07 июн	70	33817		247	
08 июн	71	34052		235	
09 июн	72	34276		224	
10 июн	73	34490		214	
11 июн	74	34693		204	
12 июн	75	34887		194	
13 июн	76	35072		185	
14 июн	77	35248		176	
15 июн	78	35415		167	
16 июн	79	35574		159	
17 июн	80	35725		151	
18 июн	81	35869		144	
19 июн	82	36006		137	
20 июн	83	36135		130	
21 июн	84	36259		123	
22 июн	85	36376		117	
23 июн	86	36488		111	
24 июн	87	36593		106	

1	2	3	4	5	6
25 июн	88	36694		100	
26 июн	89	36789		95	
27 июн	90	36880		91	
28 июн	91	36966		86	
29 июн	92	37047		82	
30 июн	93	37125		77	
01 июл	94	37198		73	
02 июл	95	37268		70	
03 июл	96	37334		66	
04 июл	97	37397		63	
05 июл	98	37456		59	
06 июл	99	37512		56	
07 июл	100	37566		53	
08 июл	101	37617		51	
09 июл	102	37665		48	
10 июл	103	37710		46	
11 июл	104	37753		43	
12 июл	105	37794		41	
13 июл	106	37833		39	
14 июл	107	37870		37	
15 июл	108	37905		35	
16 июл	109	37938		33	
17 июл	110	37969		31	
18 июл	111	37999		30	
19 июл	112	38027		28	
20 июл	113	38054		27	
21 июл	114	38079		25	
22 июл	115	38103		24	
23 июл	116	38125		23	
24 июл	117	38147		21	
25 июл	118	38167		20	
26 июл	119	38187		19	
27 июл	120	38205		18	
28 июл	121	38222		17	
29 июл	122	38239		16	
30 июл	123	38254		16	
31 июл	124	38269		15	
01 авг	125	38283		14	
02 авг	126	38296		13	
03 авг	127	38308		12	
04 авг	128	38320		12	
05 авг	129	38331		11	
06 авг	130	38342		11	
07 авг	131	38352		10	
08 авг	132	38362		10	
09 авг	133	38371		9	
10 авг	134	38379		9	

1	2	3	4	5	6
11 авг	135	38387		8	
12 авг	136	38395		8	
13 авг	137	38402		7	
14 авг	138	38409		7	
15 авг	139	38416		7	
16 авг	140	38422		6	
17 авг	141	38428		6	
18 авг	142	38433		6	
19 авг	143	38438		5	
20 авг	144	38443		5	
21 авг	145	38448		5	
22 авг	146	38453		4	
23 авг	147	38457		4	
24 авг	148	38461		4	
25 авг	149	38465		4	
26 авг	150	38468		4	
27 авг	151	38471		3	
28 авг	152	38475		3	
29 авг	153	38478		3	
30 авг	154	38481		3	
31 авг	155	38483		3	
01 сен	156	38486		3	
02 сен	157	38488		2	
03 сен	158	38491		2	
04 сен	159	38493		2	
05 сен	160	38495		2	
06 сен	161	38497		2	
07 сен	162	38499		2	
08 сен	163	38501		2	
09 сен	164	38502		2	
10 сен	165	38504		2	
11 сен	166	38505		1	
12 сен	167	38507		1	
13 сен	168	38508		1	
14 сен	169	38509		1	
15 сен	170	38510		1	
16 сен	171	38512		1	
17 сен	172	38513		1	
18 сен	173	38514		1	
19 сен	174	38515		1	
20 сен	175	38516		1	
21 сен	176	38516		1	
22 сен	177	38517		1	
23 сен	178	38518		1	
24 сен	179	38519		1	
25 сен	180	38519		1	
26 сен	181	38520		1	

1	2	3	4	5	6
27 сен	182	38521		1	
28 сен	183	38521		1	
29 сен	184	38522		1	
30 сен	185	38522		1	
01 окт	186	38523		1	
02 окт	187	38523		0	