

УДК [628.218+551.506.1](083.74)

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫПАДЕНИЯ ОСАДКОВ В БЕЛАРУСИ С ПРЕДЛОЖЕНИЯМИ ПО ЕЕ УЧЕТУ ПРИ РАСЧЕТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ДОЖДЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

В. Н. Ануфриев¹, В. Н. Корнеев², Г. А. Волкова³

¹ К. т. н., доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: vladimir.anufriev@rambler.ru

² Ведущий специалист, ООО «БелГидротехпроект», Минск, Беларусь, e-mail: v_korn@rambler.ru

³ К. т. н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: volga-brest@mail.ru

Реферат

Проведена оценка изменения максимальной интенсивности выпадения осадков в Беларуси, включая ее значение за 20 мин. с учетом анализа слоя осадков. В том числе, выполнена количественная оценка характеристик дождевого стока, включая максимальные расходы воды при интенсивных дождях различной вероятности превышения (обеспеченности) и их распределение за заданный период максимальной интенсивности дождя. Разработаны предложения по учету полученных данных при расчетах и проектировании систем дождевой канализации. В том числе, разработаны предложения по учету полученных данных в СП 2.24.04-2026 «Строительная климатология» и внесению изменений в СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения». Предложено обновление таблицы с данными по расчетной интенсивности дождя, средним годовым суммам осадков, суммам осадков за теплый (апрель – октябрь) и холодный (ноябрь – март) периоды с учетом результатов обработки исходной метеорологической информации за период с 2003 года по 2024 год. Расчетная интенсивность дождя в Беларуси по данным метеорологических наблюдений за период с 2003 года по 2024 год отличается от исследований, которые выполнялись более 30 лет назад. Значения обновленного параметра расчетной интенсивности дождя сравнимы с результатами его исследований в соседних государствах, что подтверждает корректность выполненных расчетов и оценок, а также необходимость учета их результатов в нормативных документах.

Ключевые слова: водоотведение, воды сточные поверхностные, дождевая канализация, интенсивность дождя, канализация, количество осадков, коэффициент стока, система канализации, слой атмосферных осадков, слой атмосферных осадков за дождь.

ASSESSMENT OF CHANGES IN MAXIMUM PRECIPITATION INTENSITY IN BELARUS WITH PROPOSALS FOR ITS CONSIDERATION IN CALCULATIONS AND DESIGN OF STORM DRAINAGE SYSTEMS

V. N. Anoufrieu, V. N. Korneev, G. A. Volkova

Abstract

An assessment of changes in maximum precipitation intensity in Belarus, including its value over a 20-minute period, was conducted, taking into account the precipitation layer analysis. Research included a quantitative assessment of rainfall runoff characteristics including maximum water discharges during intense rainfall with varying probabilities of exceedance (probability) and their distribution over a given period of maximum rainfall intensity. Proposals were developed for incorporating the obtained data into the calculations and design of storm water drainage systems. These proposals also included proposals for using the obtained data in the SP "Construction Climatology" and for amending SN 4.01.02-2019 "Sewerage. External networks and constructions". An update to the table of estimated rainfall intensity, average annual precipitation totals, and precipitation totals for warm (April-October) and cold (November-March) periods was proposed, taking into account the results of processing the initial meteorological data for the period from 2003 to 2025. Estimated rainfall intensity in Belarus, based on meteorological observations for the period from 2003 to 2024, differs from studies conducted more than 30 years ago. The updated estimated rainfall intensity values are comparable to the results of studies in neighbouring countries. This confirms the accuracy of the calculations and estimates, as well as the need to incorporate their results in regulatory documents.

Keywords: water drainage, storm water, storm water drainage, rainfall intensity, sewerage, precipitation amount, runoff coefficient, sewerage system, precipitation layer, precipitation layer for rain.

Введение

Представленные в настоящей публикации результаты получены в целях повышения качества проектирования и эксплуатации сетей канализации, в том числе в условиях изменяющегося климата и сложившейся застройки, в также для совершенствования ТНПА, в том числе для уточнения существующих, а также установления новых технических требований к проектированию наружных сетей и сооружений канализации.

В процессе развития городских агломераций и промышленности существенным образом меняются условия формирования и отвода поверхностных сточных вод. Здесь действуют различные факторы, среди которых следует отметить влияние изменения климата, увеличение расходов поверхностных сточных вод вследствие изменения регулирующей и аккумулирующей способности урбанизированных территорий. При этом пропускная способность систем дождевой канализации может быть недостаточна для пропуска быстро сфор-

мировавшихся максимальных расходов дождевых сточных вод, в результате чего могут возникать подпоры в системе отвода дождевой канализации, что приводит к интенсивному подъему уровней на отдельных участках. Риск указанных неблагоприятных ситуаций особенно возрастает в связи с изменением климата и его воздействием на водные ресурсы, которое выражается в более частом возникновении опасных гидрометеорологических явлений, включая дождевые паводки и засушливые периоды, усилении неравномерности внутригодового распределения выпадения осадков и поверхностного стока [1].

При проведении гидравлического расчета в ходе проектирования сетей дождевой канализации основной величиной является расчетный расход поверхностных сточных вод с использованием метода предельных интенсивностей, для чего необходимо определение удельного расхода воды q_{20} (л/с) на 1 га водосборной территории с учетом характеристик выпавшего слоя осадков

при максимальной интенсивности дождя продолжительностью 20 мин. При вероятности превышения (обеспеченности) $P = 1\%$. Указанные параметры используются согласно технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к проектированию и эксплуатации дождевой канализации в Беларуси, включая СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [2] и СП 2.04.04-2026 «Строительная климатология» [3]. Обобщая анализ нормативной базы Российской Федерации, можно отметить, что в Российской Федерации также, как и в Республике Беларусь, расчетные расходы дождевых сточных вод для канализационных сетей определяются методом предельных интенсивностей стока с параметрами, указанными в [4–8]. Положения нормативов по проектированию систем отведения поверхностных сточных вод в странах Европейского Союза на примере Германии, также как и в Республике Беларусь, основаны на подобных параметрах, включая слой осадков, интенсивность и продолжительность их выпадения, а также на последующих гидрологических и гидравлических расчетах.

В Беларуси исследования по оценке изменения максимальной интенсивности выпадения осадков выполнялись, в основном, в конце 70-х годов XX-го века, результаты которых представлены в Методических рекомендациях 1978 г. [9, 10]. С учетом значимого изменения климата за последние более чем 50 лет актуальным является проведение оценки современного изменения максимальной интенсивности выпадения осадков в Беларуси с предложениями по учету полученных при этом результатов при расчетах и проектировании систем дождевой канализации.

По результатам проведенных исследований разработаны предложения по учету полученных данных в СП 2.04.04 [3] и внесению изменений в СН 4.01.02 [2].

Исходными данными при проведении исследований являлись данные, полученные по репрезентативным пунктам наблюдений государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь, расчетные параметры, установленные в ТНПА для проектирования дождевой канализации.

Обобщение результатов анализа изменения максимальной интенсивности выпадения осадков в Беларуси

С целью уточнения удельного расхода воды q_{20} (л/с) на 1 га водосборной территории с учетом характеристик выпавшего слоя осадков при максимальной интенсивности дождя продолжительностью 20 мин. при различной вероятности превышения (обеспеченности), включая $P = 1\%$, выполнен анализ наблюдений максимальной интенсивности осадков (мм), выпавших за 20-минутный интервал за современный период 2003–2024 гг. по 10-ти пунктам наблюдений ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (рисунок 1), а также детальных наблюдений за слоем выпавших осадков в период дождя максимальной интенсивности (гидрографа дождя по слою осадков). На данных пунктах наблюдений функционируют pluвиографы – приборы, предназначенные для непрерывной записи количества, интенсивности и продолжительности осадков. Запись результатов измерений на ленте самописца осуществляется с интервалом в 10 минут, что позволяет отследить как прохождение максимума осадков, так и гидрограф их выпадения за 20 минут и за другой интервал при прохождении максимума, например, при необходимости до одного или двух часов.

Обобщение результатов наблюдений гидрографа дождя по слою осадков для периода максимальной интенсивности дождя по пунктам наблюдений приведено на рисунке 2.

Обобщение результатов наблюдений и расчетов в виде измеренных в 20-минутный период максимальной интенсивности выпадения осадков за последние 20 лет (мм/мин), расчетного максимального слоя осадков вероятностью превышения (обеспеченностью) $P = 1\%$ (мм/мин) и по интенсивности дождя q_{20} (л/с) на 1 га продолжительностью 20 мин при вероятности превышения $P = 1\%$ год приведены в таблице 1.

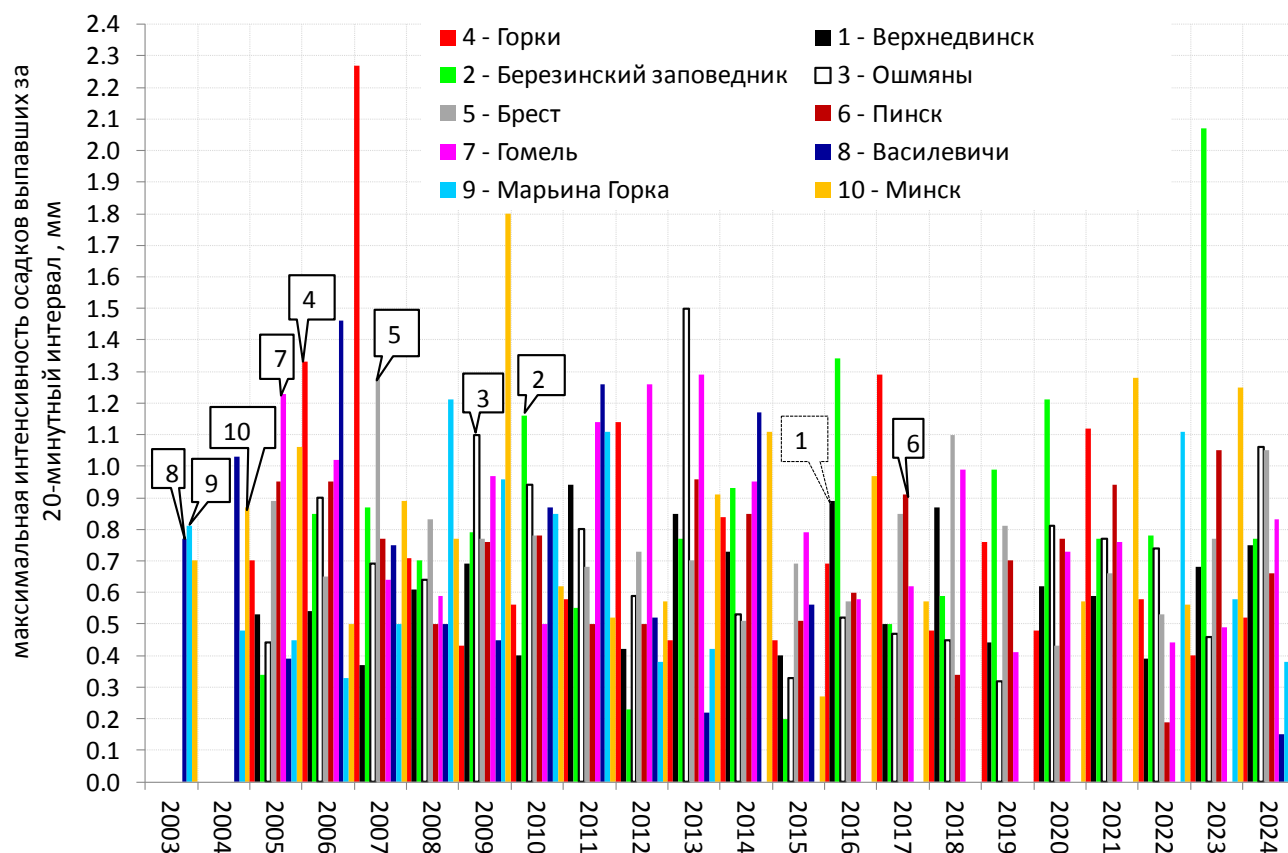


Рисунок 1 – Обобщение результатов наблюдений максимальной интенсивности осадков (мм), выпавших за 20-минутный интервал по пунктам наблюдений

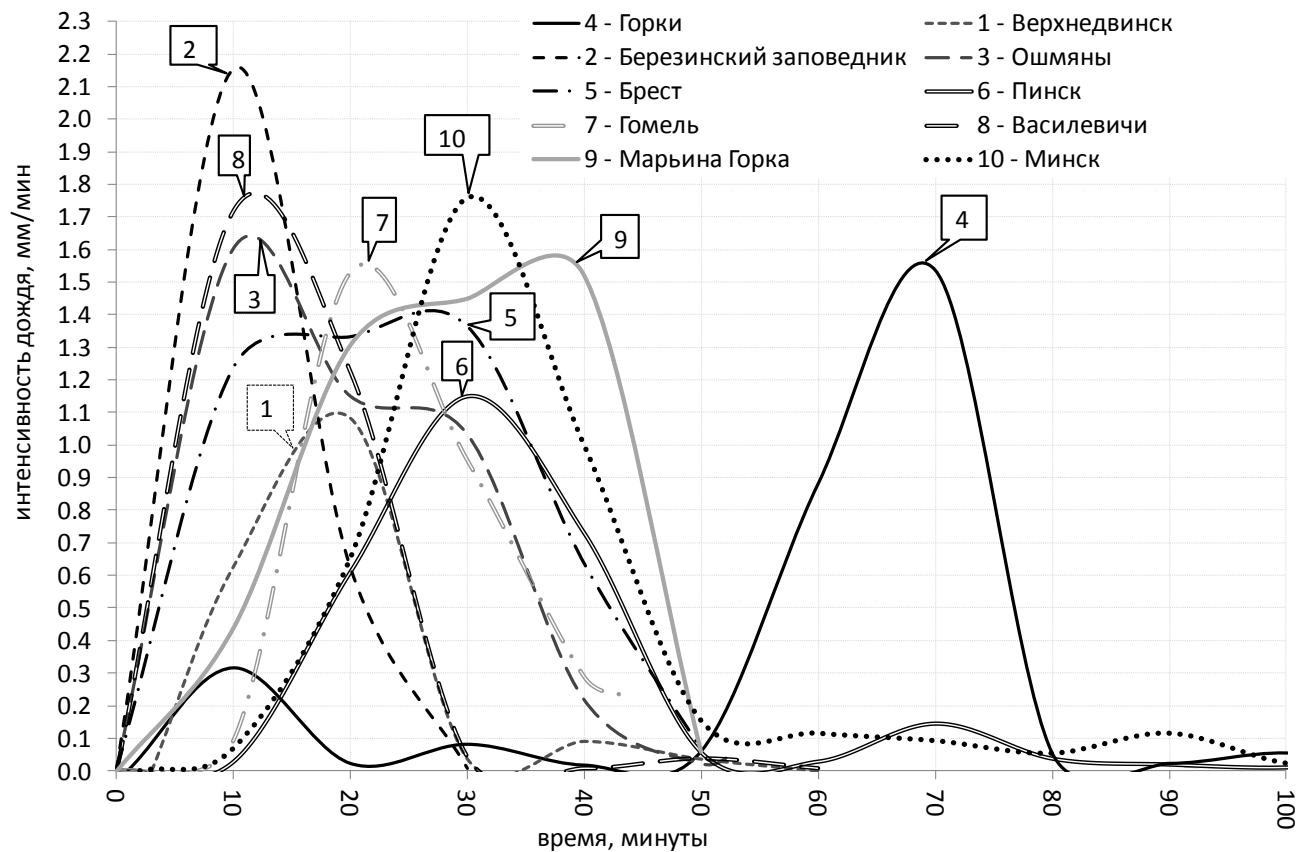


Рисунок 2 – Обобщение результатов наблюдений гидрографа дождя по слою осадков в период максимальной интенсивности дождя по пунктам наблюдений

Таблица 1 – Обобщение результатов наблюдений и расчетов максимального слоя осадков и интенсивности дождя в период максимальной интенсивности выпадения осадков

Пункт наблюдения	Максимальный измеренный слой осадков за 1 мин, мм/мин	Расчетные значения при максимальной интенсивности дождя продолжительностью 20 мин при вероятности превышения $P = 1\%$			Расчетные значения при максимальной интенсивности дождя продолжительностью 20 мин при вероятности превышения $P = 10\%$		
		Максимальный слой осадков, мм/мин	Слой осадков h_{20} за 20 мин, мм/мин	Интенсивность дождя q_{20} (л/с) на 1 га	Максимальный слой осадков, мм/мин	Коэффициент перехода от $q_{20}, P = 10\%$ к $q_{20}, P = 1\%$	Интенсивность дождя q_{20} (л/с) на 1 га
Верхнедвинск	1,190	1,083	0,708	118	0,905	1,20	99
Березинский заповедник	3,210	2,155	1,234	206	1,52	1,42	145
Ошмяны	2,200	1,601	1,088	181	1,15	1,39	130
Горки	2,880	1,536	1,001	167	1,44	1,07	156
Брест	1,290	1,363	1,173	195	1,11	1,23	159
Пинск	1,280	1,149	0,909	151	1,04	1,10	137
Гомель	1,590	1,529	1,027	171	1,25	1,22	140
Василевичи	3,960	1,718	1,165	194	1,21	1,42	137
Марьино Горка	1,280	1,521	1,138	190	1,22	1,25	152
Минск	2,290	1,760	1,293	216	1,25	1,41	153

Следует отметить, что расчетная интенсивность дождя q_{20} по данным наблюдений за период наблюдений 2005–2024 гг. в диапазоне от 118 л/с до 216 л/с на 1 га отличается в большую сторону от расчетной интенсивности дождя, приведенной в Методических рекомендациях 1978 года [9] q_{20} в диапазоне от 85 л/с до 114 л/с на 1 га, которые также представлены в таблице А.1 приложения к СН 4.01.02-2019 (см. рисунок 3). Увеличение интенсивности дождя

может быть обусловлено совершенствованием средств измерений слоя осадков с увеличением частоты измерений и повышением точности выявления и измерения пика выпадения осадков, а также с увеличением риска опасных гидрометеорологических явлений и усилением степени неравномерности внутригодового выпадения осадков и речного стока в связи с изменением климата, приводящего к наводнениям и засухам.

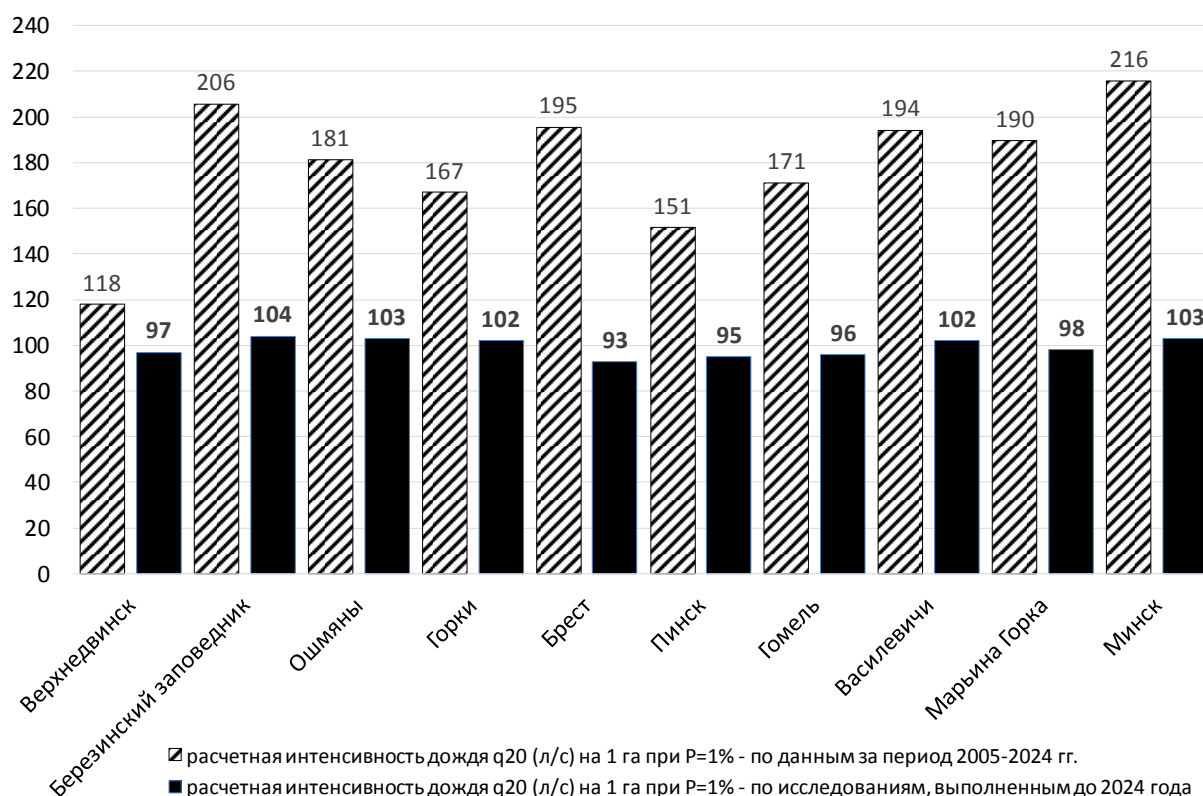


Рисунок 3 – Сравнение расчетной интенсивности дождя по данным за период 2005–2024 гг. и по результатам исследований, выполненных до 2024 года

По результатам проведенных исследований разработаны предложения по учету полученных данных при расчетах и проектировании систем дождевой канализации, в том числе изменения и дополнения в СП 2.04.04 [3] и СН 4.01.02 [2] путем включения обновленных расчетных значений интенсивности дождя q_{20} (л/с) на 1 га при максимальной интенсивности дождя продолжительностью 20 мин. при вероятности превышения $P = 1\%$ в табличном виде (таблица 2) и в графическом виде (рисунок 4).

Таблица 2 – Расчетная интенсивность дождя q_{20} , л/с за 20 мин с 1 га при $P = 1\%$ для населенных пунктов

№ п/п	Станция	Расчетная интенсивность дождя q_{20} , л/с за 20 мин с 1 га при $P = 1\%$
Витебская область		
1	Езерище	182
2	Верхнедвинск	118
3	Полоцк	157
4	Шарковщина	156
5	Витебск	190
6	Лынтупы	186
7	Докшицы	191
8	Сенно	194
9	Березинский заповедник	206
10	Орша	183
Гродненская область		
11	Ошмяны	181
12	Лида	181
13	Гродно	180
14	Новогрудок	182
15	Волковыск	179
Минская область		
16	Нарочь	189
17	Вилейка	201
18	Борисов	210

№ п/п	Станция	Расчетная интенсивность дождя q_{20} , л/с за 20 мин с 1 га при $P = 1\%$
19	Воложин	196
20	Минск	216
21	Березино	199
22	Столбцы	191
23	Марьяна Горка	190
24	Слуцк	180
Могилевская область		
25	Могилев	180
26	Горки	167
27	Кличев	192
28	Славгород	175
29	Костюковичи	172
30	Бобруйск	190
31	Мстиславль	180
Брестская область		
32	Барановичи	177
33	Высокое	193
34	Ганцевичи	171
35	Ивацевичи	171
36	Пружаны	179
37	Полесская	161
38	Брест	195
39	Пинск	151
Гомельская область		
40	Жлобин	186
41	Октябрь	190
42	Гомель	171
43	Василевичи	194
44	Житковичи	179
45	Мозырь	194
46	Лельчицы	185
47	Брагин	189

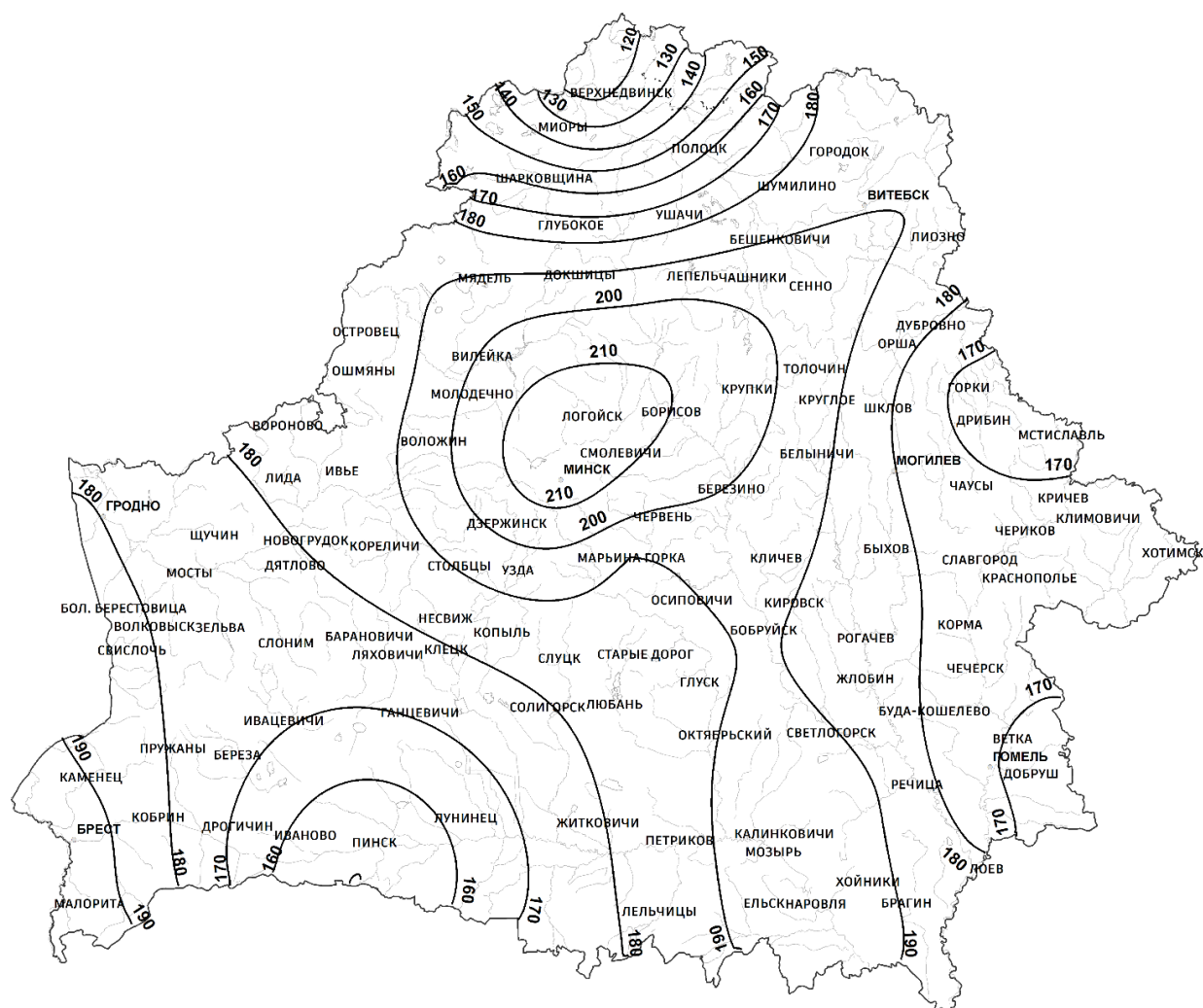


Рисунок 4 – Карта – схема интенсивности дождя q_{20} (л/с) на 1 га продолжительностью 20 мин при $P = 1\%$

Расчетная интенсивность дождя q_{20} для территории Беларуси в диапазоне от 118 л/с до 216 л/с на 1 га по всем десяти пунктам наблюдений осадков, на которых имеется возможность дискретных измерений через заданный временной интервал в режиме реального времени, сравнимы с результатами измерений интенсивности дождя в странах Европейского Союза.

Например, в Германии по 40 пунктам наблюдений указанная интенсивность дождя q_{20} составляет от 85 до 200 (л/с) на 1 га [11].

В Польше по 21 пункту наблюдений слой стока составил от 31,0 мм/ч до 39,5 мм/ч [12, 13] или от 0,517 мм/мин до 0,658 мм/мин, что в пересчете на интенсивность дождя q_{60} составит от 86 л/с до 110 л/с на 1 га при максимальной интенсивности дождя продолжительностью 1 ч (60 мин) согласно результатам наблюдений, при вероятности превышения $P = 1\%$. Расчет интенсивности дождя q_{60} по результатам наблюдений для всех пунктов наблюдений Беларуси при максимальной интенсивности дождя продолжительностью 1 ч (60 мин), при вероятности превышения $P = 1\%$ позволил определить соответствующий диапазон для Беларуси с учетом пересчета от q_{20} с диапазоном от 118 л/с до 216 л/с к q_{60} с диапазоном от 72 л/с до 159 л/с на 1 га, что сравнимо с данными соседнего государства – Польши, с диапазоном от 86 л/с до 110 л/с на 1 га.

В Латвии расчетная интенсивность дождя продолжительностью 20 мин. при вероятности превышения $P = 10\%$ изменяется в диапазоне от 100 л/с до 180 л/с [14, 15]. С использованием кривых вероятностей распределения максимального слоя осадков коэффициент перехода от вероятности превышения $P = 10\%$ к вероятности превышения $P = 1\%$ для пунктов наблюдения осадков в Беларуси, выполняемых в дистанционном режиме, изменяется в диапазоне

от 1,07 до 1,42 со средним значением 1,27 (см. таблицу 1 выше). С учетом указанного коэффициента перехода для Беларуси расчетный диапазон q_{20} при вероятности превышения $P = 10\%$ может составить от 99 л/с до 159 л/с, что сравнимо с диапазоном изменения q_{20} при $P = 10\%$ в Латвии (от 100 л/с до 180 л/с), и меньше чем в Латвии за счет более влажного климата в указанном государстве, обусловленного более близким расположением к морю.

Построение гидрографов дождевых паводков для естественных водотоков может выполняться по разделу 7.7 СП 3.04.03-2026 [16], либо с использованием алгоритма, представленного в публикации [17], либо с использованием методики М. В. Молокова [18–20]. Методика построения гидрографов дождевых паводков М. В. Молокова при заданном максимальном расходе дождевых вод q_0 , определенном по максимальной интенсивности дождя q_{20} , при $P = 1$ год может быть использована и для водосборов территорий населенных пунктов и предприятий.

Заключение

Расчетная интенсивность дождя в Беларуси продолжительностью 20 мин. при вероятности превышения $P = 1\%$ по данным метеорологических наблюдений за период с 2005 года по 2024 год отличается от ранее проведенных исследований, которые выполнялись более 30 лет назад, а также значения указанного параметра сравнимы с результатами его исследований в соседних государствах, что подтверждает корректность выполненных оценок и гидрологических расчетов указанного параметра и необходимость его учета в СП 2.04.04 [3] и внесения изменений в СН 4.01.02 [2] при расчетах и проектировании систем дождевой канализации.

Список цитированных источников

1. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / под общ. ред. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.
2. Канализация. Наружные сети и сооружения : СН 4.01.02-2019. – Минск : Минстройархитектуры, 2024. – 82 с.
3. Строительная климатология : СП 2.04.04-2026. – Минск : Минстройархитектуры, 2026. – 58 с.
4. Курганов, А. М. Таблицы параметров предельной интенсивности дождя для определения расходов в системах водоотведения. Справочное пособие / А. М. Курганов. – М. : Стройиздат, 1989. – 113 с.
5. Алексеев, М. И. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. Учебное пособие. / М. И. Алексеев, А. М. Курганов. – М. : АСВ; СПб. : Спайсу, 2000. – 352 с.
6. Канализация. Наружные сети и сооружения : СП 32.13330.2018 : СНиП 2.04.03-85 : утв. приказом Мин-ва строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 25 дек. 2018 г. № 860/пр. – М. : Стандартинформ, 2019. – 76 с.
7. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М. : НИИ ВОДГЕО, 2014. – 88 с.
8. Пособие по проектированию водоотводных и дренажных систем / Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве (к СП 121.13330.2019). – М., 2026. – 110 с.
9. Методические рекомендации по расчету интенсивности дождей при проектировании канализации в условиях Белоруссии (временные). – Минск : Белорусский политехнический институт, 1978. – 31 с.
10. Гатилло, П. Д. Распределение периодов однократного превышения сумм осадков за дождь на территории Белоруссии / П. Д. Гатилло, А. Н. Одинец // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. – Минск, 1986. – Вып. 3. – С. 25–34.
11. Bischof, W. Abwassertechnik / W. Bischof. – Stuttgart : Teubner, 1993. – 629 s.
12. Wilk-Jakubowski, J. Measuring Rain Rates Exceeding the Polish Average by 0.01% / J. Wilk-Jakubowski // Polish Journal of Environmental Studies. – 2018. – Vol. 27, № 1. – P. 383–390.
13. Probability Function Estimation for the Maximum Precipitation Model Using Kernel Estimators / M. Karczewski, B. Kaźmierczak, A. Michalski, L. Kuchar // Rocznik Ochrona Środowiska. – 2022. – Vol. 24. – P. 260–275.
14. Tilgalis, F. Calculation of maximum rainstorm flow rate in areas of Latvia / F. Tilgalis, R. Ziemelnieks // 5th International Conference CIVIL ENGINEERING'15 Proceedings Landscape, environment and land management, 2015. – P. 82–86.
15. Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems / P. Willems, J. Olsson, K. Arnbjerg-Nielsen [et al.]. – London : IWA Publishing, 2012. – 238 p.
16. Правила расчета гидрологических характеристик : СП 3.04.03-2026. – Минск : Минстройархитектуры, 2026. – 16 с.
17. Логинов, В. Ф. Анализ и моделирование гидрографов дождевых паводков Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Т. А. Шелест // Водные ресурсы. – 2015. – Т. 42, № 3. – С. 268–278.
18. Георгиевский, Ю. М. Гидрологические прогнозы / Ю. М. Георгиевский, С. В. Шаночкин – СПб. : РГГМУ, 2007. – 436 с.
19. Молоков, М. В. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок / М. В. Молоков, В. Н. Шифрин. – М. : Стройиздат, 1977. – 104 с.
20. Молоков, М. В. Дождевая канализация площадок промышленных предприятий / М. В. Молоков. – Л. : Издательство литературы по строительству, 1986. – 184 с.

References

1. Vodnye resursy Belarusi i ih prognoz s uchetom izmeneniya klimata / pod obshch. red. A. A. Volcheka, V. N. Korneeva. – Brest : Al'ternativa, 2017. – 228 s.
2. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya : SN 4.01.02-2019. – Minsk : Minstrojarkhitektury, 2024. – 82 s.
3. Stroitel'naya klimatologiya : SP 2.04.04-2026. – Minsk : Minstrojarkhitektury, 2026. – 58 s.
4. Kurganov, A. M. Tablicy parametrov predel'noj intensivnosti dozhdya dlya opredeleniya raskhodov v sistemah vodootvedeniya. Spravochnoe posobie / A. M. Kurganov. – M. : Strojizdat, 1989. – 113 s.
5. Alekseev, M. I. Organizaciya otvedeniya poverhnostnogo (dozhdevogo i talogo) stoka s urbanizirovannyh territorij. Uchebnoe posobie. / M. I. Alekseev, A. M. Kurganov. – M. : ASV; SPb. : Spajsu, 2000. – 352 s.
6. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya : SP 32.13330.2018 : SNiP 2.04.03-85 : utv. prikazom Min-va stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii ot 25 dek. 2018 g. № 860/pr. – M. : Standartinform, 2019. – 76 c.
7. Rekomendacii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i oчитki poverhnostnogo stoka s selitebnyh territorij, ploshchadok predpriyatij i opredeleniyu uslovij vypuska ego v vodnye ob'ekty. – M. : NII VODGEO, 2014. – 88 s.
8. Posobie po proektirovaniyu vodootvodnyh i drenaznyh sistem / Federal'nyj centr normirovaniya, standartizacii i tekhnicheskoy ocenki sootvetstviya v stroitel'stve (k SP 121.13330.2019). – M., 2026. – 110 s.
9. Metodicheskie rekomendacii po raschetu intensivnosti dozhdaj pri proektirovanii kanalizacii v usloviyah Belorussii (vremennye). – Minsk : Belorusskij politekhnicheskij institut, 1978. – 31 s.
10. Gatillo, P. D. Raspredelenie periodov odnokratnogo prevysheniya summ osadkov za dozhd' na territorii Belorussii / P. D. Gatillo, A. N. Odinec // Vodnoe hozyajstvo i gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. – Minsk, 1986. – Vyp. 3. – S. 25–34.
11. Bischof, W. Abwassertechnik / W. Bischof. – Stuttgart : Teubner, 1993. – 629 s.
12. Wilk-Jakubowski, J. Measuring Rain Rates Exceeding the Polish Average by 0.01% / J. Wilk-Jakubowski // Polish Journal of Environmental Studies. – 2018. – Vol. 27, № 1. – P. 383–390.
13. Probability Function Estimation for the Maximum Precipitation Model Using Kernel Estimators / M. Karczewski, B. Kaźmierczak, A. Michalski, L. Kuchar // Rocznik Ochrona Środowiska. – 2022. – Vol. 24. – P. 260–275.
14. Tilgalis, F. Calculation of maximum rainstorm flow rate in areas of Latvia / F. Tilgalis, R. Ziemelnieks // 5th International Conference CIVIL ENGINEERING'15 Proceedings Landscape, environment and land management, 2015. – P. 82–86.
15. Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems / P. Willems, J. Olsson, K. Arnbjerg-Nielsen [et al.]. – London : IWA Publishing, 2012. – 238 p.
16. Pravila rascheta gidrologicheskikh harakteristik : SP 3.04.03-2026. – Minsk : Minstrojarkhitektury, 2026. – 16 s.
17. Loginov, V. F. Analiz i modelirovanie gidrogrfov dozhdevyh pavodkov Belarusi / V. F. Loginov, A. A. Volchek, T. A. SHelest // Vodnye resursy. – 2015. – T. 42, № 3. – S. 268–278.
18. Georgievskij, YU. M. Gidrologicheskie prognozy / YU. M. Georgievskij, S. V. SHanochkin – SPb. : RGGMU, 2007. – 436 s.
19. Molokov, M. V. Oчistka poverhnostnogo stoka s territorij gorodov i promyshlennyh ploshchadok / M. V. Molokov, V. N. SHifrin. – M. : Strojizdat, 1977. – 104 s.
20. Molokov, M. V. Dozhddevaya kanalizaciya ploshchadok promyshlennyh predpriyatij / M. V. Molokov. – L. : Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1986. – 184 s.

Материал поступил 26.06.2026, одобрен 14.07.2026,
принят к публикации 14.07.2026