

Таким образом, используя разовые измерения гидрологических характеристик стока реки, возможно получить расчетные параметры водотока (средняя глубина, ширина поверху водотока, средняя скорость) значения, соответствующие расходу реки различной обеспеченности.

Заключение. В настоящей статье рассмотрены современные подходы к оценке отдельных расчетных параметров малых водотоков, для которых не велись многолетние наблюдения за стоком. Предложенные подходы были применены для оценки средней глубины потока р. Лесная в районе г. Бреста при пропуске расхода 95% обеспеченности. В случае применения предложенной системы расчетных зависимостей для решения конкретных народно-хозяйственных и технических задач является важным проверка соответствия периода

проведения натурных исследований гидрологическому периоду искомой характеристики (второе допущение).

Описанные подходы позволили выполнить оценку таких параметров потока, как средняя глубина, ширина водотока и средняя скорость при заданном расходе воды расчетной обеспеченности для естественных водотоков.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чугаев, Р.Р. Гидравлика (учебник для вузов) / Р.Р. Чугаев. – Л.: Энергия, 1975. – С. 145–147.
2. Скворцов, Л.С. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения: учебник для вузов. – М.: Архитектура – 2008. – С. 120–123.
3. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики: ТКП 45-3.04-168-2009(02250) - Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. – 55 с.

Материал поступил в редакцию 04.05.17

VOLCHEK A.A., MESHNIK O.P., SHESHKO N.N., BAZENKOV T.N. Excluding one-time hydrometric measurements to determine the main hydrological characteristics and parameters of the channel

The article deals with modern approaches to estimate the parameters of the functions of the distribution of river runoff. An algorithm for estimating the parameters of river flow corresponding to a given security, based on one-time hydrometric measurements. Their practical applicability and efficiency have been shown in data processing surveying work on the Lesnaya river near the town of Brest. Values of medium depth, width of the river on top and average speed at the rate of 95% availability have been given. Silt. 4. Tab. 1. Bibliogr.: 3 names.

УДК 551.482.215(476)

Ан.А. Волчек

ЗАТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Введение. Изучение закономерностей формирования и развития природных процессов с целью их прогнозирования и управления водными ресурсами является основной задачей инженерной гидрологии. Управление водными ресурсами — одна из важнейших практических задач водного хозяйства, решение которой возможно лишь на основе познания закономерностей формирования водного режима территории. Участвовавшие случаи экстремальных гидрологических явлений приводят к серьезным экономическим ущербам и даже к гибели людей. Это требует более глубокого анализа гидрологического режима и характера весенних половодий рек при проектировании водохозяйственных объектов и управления водными ресурсами.

Весеннее половодье — характерная фаза естественного водного режима рек Беларуси. Половодья сопровождаются разливами рек, которые в многоводные годы при максимальных подъемах уровней воды приобретают характер катастрофических явлений (наводнения), что приводит к затоплению населенных пунктов, сельскохозяйственных земель, разрушению мостов, дорог и т. д.

По статистике ООН, на долю наводнений приходится 26% общего числа жертв и 32% стоимости поврежденного имущества [1]. Наводнения занимают первое место

в ряду стихийных бедствий по повторяемости, охвату территорий и материальному ущербу. Рост убытков, наносимых наводнением экономике стран, связан с увеличением интенсивности и повторяемости наводнений из-за усиления хозяйственного использования территорий водосборов [2, 3, 4].

Доля весеннего стока для рек Беларуси колеблется в пределах 40–60% от годовой величины.

Основные гидрологические параметры весеннего половодья не являются стабильными величинами. Под влиянием и при участии комплекса разнообразных по генезису и динамике факторов они непрерывно изменяются как по территории, так и во времени. Совокупность этих причин можно разделить на природные и антропогенные, которые различаются характером и последствиями своего влияния на формирование половодья.

Природные причины определяют пространственно-временные колебания весеннего половодья в зависимости от различий физико-географических условий, а также под влиянием годового и векового хода климатических условий, влияющих на формирование максимальных расходов воды. Внутригодовые колебания происходят постоянно, вековые — сравнительно медленно, распространяются на довольно обширные территории

Волчек Анастасия Александровна, к.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267

и носят обычно циклический характер. Наблюдения и исследования показывают, что в историческое время эти отклонения не носили прогрессирующего характера. Периоды похолодания и потепления, засушливые и влажные периоды чередуются во времени, но общие характеристики весеннего половодья существенно не изменяются. Таким образом, главной особенностью воздействия естественных причин является то, что происходящие под их влиянием изменения не имеют односторонней тенденции.

Антропогенные причины являются следствием различных видов человеческой деятельности. Они влияют на характеристики весеннего половодья сравнительно быстро и односторонне, в чем и состоит главное отличие их влияния на сток по сравнению с природными причинами. Виды хозяйственной деятельности, вызывающие изменения характеристик весеннего половодья, весьма разнообразны, зависят от физико-географических условий территории, особенностей ее водного режима и характера ее использования. Они могут быть в виде перераспределения водных ресурсов во времени (регулирование речного стока), пространстве (территориальное перераспределение стока), изменения влагозапасов зоны аэрации с помощью гидротехнических мелиораций, интенсификации сельскохозяйственного производства, трансформация растительного покрова и т. п.

Материалы и методы исследования. В настоящее время на территории Республики Беларусь действуют 123 поста на реках, 14 постов на озерах и водохранилищах. Из 123 гидропостов 107 являются стоковыми, на 77 постах дополнительно проводятся наблюдения за осадками и снежным покровом. Плотность стоковых гидрологических постов в Беларуси составляет 1 пост на 1945 км², что практически соответствует рекомендациям ВМО (1 пост на 1875 км²).

Основными исходными материалами в настоящей работе послужили данные наблюдения за максимальными расходами воды весеннего половодья рек Беларуси за период инструментальных наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Основными реками, анализируемыми в работе, явились

р. Припять – г. Мозырь, р. Неман – г. Гродно, р. Западная Двина – г. Витебск, р. Березина – г. Бобруйск, р. Днепр – г. Орша, р. Днепр – г. Речица с периодом наблюдений – 1881 – 2005 гг. с периодом наблюдений, равным 124 года. Для 87 гидропостов были восстановлены пропуски в наблюдениях, и временные ряды приведены к единому периоду с 1951 по 2005 гг., т. е. с периодом в 54 года. Кроме того, в работе использовались данные по максимальным расходам воды весеннего половодья по 164 гидропостам за периоды реальных наблюдений. Пропущенные данные были восстановлены с помощью программного комплекса «Гидролог» [5].

Оценка трансформации временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья оценивалась с помощью стандартных статистических параметров и линейных трендов как по всему исследуемому периоду, так и по выборкам различной длины. Линейные тренды характеризуются градиентом изменения (α), т. е. величиной численно равной коэффициенту регрессии (a), умноженному на 10 лет ($\alpha = a \cdot 10$ лет). Выборки строились как участки исследуемых рядов, различающиеся начальной точкой отсчета и длиной. В частности, рассматривались отрезки ряда, различающиеся степенью антропогенного воздействия на сток и типом атмосферной циркуляции. Проверка однородности выборочных статистических параметров осуществлялась с помощью тестовых критериев Стьюдента и Фишера [6].

Обсуждение результатов. По типу водного режима реки Беларуси относятся к рекам с весенним половодьем и преимущественно со снежным питанием. Под наводнением понимают затопление территории водой в результате подъема уровня воды в реке или озере, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей.

В целом для условий Республики Беларусь природной генетической основой формирования наводнений являются факторы половодий, такие как степень осеннего увлажнения почвы, дата наступления зимнего периода, высота снежного покрова, дружность весны, отсутствие резких колебаний температуры и заморозков, промерзание почвы. В таблице 1 представлены гидрографические характеристики водосборов исследуемых рек.

Таблица 1. Основные гидрографические характеристики

Река	Створ	Длина, км		Площадь водосбора, тыс. км ²		Среднегодовой расход воды в створе, м ³ /с	Средний уклон водной поверхности, ‰	Доля весеннего половодья, %	Густота речной сети, км/км ²
		общая	на территории Беларуси	общая	на территории Беларуси				
Березина	Борисов	613	613	24,5	24,5	119	0,11	46	0,35
Днепр	Орша	2201	700	504	63,7	125	0,08	50	0,39
	Речица					362			
Западная Двина	Витебск	1020	328	87,9	33,2	226	0,12	56	
Неман	Гродно	937	459	98,2	33,6	196	0,21	44	0,47
Припять	Мозырь	761	500	121	52,7	389	0,09	61	0,20

Таблица 2. Гидрологические характеристики половодий для основных рек Беларуси [7]

Река	Пункт наблюдений	Уровни весеннего половодья, см над "0" графика			Отметка выхода воды на пойму, см над "0" графика
		1 %	25 %	50 %	
Западная Двина	г. Полоцк	1409	1060	933	1195
	г. Верхнедвинск	1420	1062	898	950
Неман	г. Гродно	893	415	314	500
Днепр	г. Могилев	858	570	538	630
	г. Речица	590	470	438	280
	г. Лоев	775	585	498	300
Березина	г. Светлогорск	810	709	681	560
Сож	г. Славгород	558	406	356	230
	г. Гомель	700	532	465	330
Припять	пос. Коробы	498	439	370	400
	г. Мозырь	551	398	281	330

Таблица 3. Годы с наводнениями в период весенних половодий [8]

Река-пост	Характеристика наводнения		
	катастрофическое P < 1%	выдающееся P = 1-2%	большое P = 3-10%
1	2	3	4
Западная Двина – г.п. Сураж		1929, 1931, 1956	1878, 1895, 1901, 1908, 1915, 1917, 1958, 1962
Западная Двина – г. Витебск	1931	1878, 1929, 1956	1958, 1962
Западная Двина – г.п. Улла	1931	1941, 1951, 1956	
Западная Двина – г. Полоцк	1931	1951, 1956	1941, 1953, 1958, 1962
Западная Двина – г. Верхнедвинск	1931	1956	1958, 1962
Оболь - г.п. Оболь		1956	1938, 1951, 1953, 1955, 1958, 1962, 1965
Дисна – г.п. Шарковщина	1931	1951	1953, 1956, 1958
Неман – г. Столбцы		1958	1931, 1932, 1940, 1947, 1956
Неман – г.п. Мосты	1958		1931
Неман – г. Гродно	1958	1931	
Щара – г. Слоним	1958	1886	1888, 1889, 1895, 1931, 1941, 1970, 1979
Мухавец – г. Брест (н/б)		1974, 1979	1967, 1970
Днепр – г. Орша	1931	1908, 1956	1907, 1917, 1929, 1958
Днепр – г. Могилев	1931	1908, 1956	1888, 1907, 1917, 1922, 1929, 1947, 1958
Днепр – г. Жлобин		1931, 1956, 1958	1883, 1888, 1889, 1907, 1908, 1917, 1922, 1947, 1970
Днепр – г. Речица		1956, 1958	1907, 1915, 1916, 1917, 1928, 1947, 1970
Днепр – г.п. Лоев		1931	1877, 1878, 1900, 1907, 1908, 1915, 1917, 1924, 1929, 1932, 1956, 1958, 1970
Березина – г. Борисов			1962, 1963, 1964, 1968, 1970, 1999
Березина - г.п. Березино	1931	1956	1883, 1958
Березина – г. Бобруйск		1931, 1956	1883, 1917, 1924, 1932, 1958
Березина – г. Светлогорск	1931	1956, 1958	1932, 1947
Сож – г. Славгород	1931	1956	1907, 1908, 1915, 1929, 1940, 1947, 1958, 1962, 1970
Сож – г. Гомель		1931, 1970	1907, 1908, 1915, 1916, 1917, 1956, 1958
Припять – м. Любанский		1979	1999
Припять – с. Коробы		1958	1957, 1966, 1979
Припять – г.п. Туров		1979	1932, 1940, 1956, 1958, 1970
Припять – с. Черничи		1999	
Припять – г. Петриков		1979	1931, 1932, 1940, 1956, 1958, 1966, 1970, 1999
Припять – г. Мозырь	1845	1888, 1895, 1979	1886, 1889, 1907, 1924, 1931, 1932, 1934, 1940, 1956, 1958, 1966, 1970, 1999
Пина – г. Пинск		1979	1928, 1932, 1940, 1958
Ясельда – с. Сенин		1999	1958, 1979, 1981
Горынь – г. Речица		1956	1966, 1979, 1996, 1999
Уборть – с. Краснобережье		1932	1934, 1966, 1970, 1999
Птичь – с. Лучицы		1931, 1999	1895, 1896, 1900, 1907, 1917, 1956, 1958

Гидрологические характеристики половодий для рек Беларуси, полученные на основании обработки однородных рядов наблюдений речного стока, приведены в таблице 2 [7].

В таблице 3 представлены наиболее значительные наводнения на реках Беларуси вызванные весенним паводком за период инструментальных наблюдений [8].

Следует отметить, что, как показывает анализ данных о наводнениях 1845 и 1931 годов, возможно формирование в будущем и более катастрофических по физическим характеристикам паводков и половодий. Такая ситуация возможна при усилении антропогенной нагрузки на территорию водосбора, выражающейся в существенном изменении условий формирования стока.

Постоянное повышение хозяйственной ценности пойменных территорий из-за осуществления мелиоративных мероприятий, рост урожайности сельскохозяйственных культур, развитие населенных пунктов, транспортных коммуникаций способствуют росту среднесрочных ущербов от наводнений. Кроме того, возможны постоянные потери в связи с тем, что из интенсивного хозяйственного использования (из-за высокой вероятности затопления) фактически вообще выпадают потенциально высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья.

Наводнения, причиняющие ощутимые ущербы в бассейнах рек Беларуси, за последние 50...70 лет имели место 10...12 раз. Наиболее значительными из них явились наводнения в 1956, 1958, 1974, 1979, 1993 и 1999 гг.

Несмотря на то, что для территории Республики Беларусь проблема наводнений актуальна, в прошлом, практически до 1974 г., когда в бассейне р. Припять летне-осенний паводок нанес огромный материальный ущерб, строгого

учета ущерба наводнений не проводилось. Они оценивались косвенным путем по фактам выплаты страховых взносов промышленным предприятиям и производителям сельскохозяйственной продукции, возмещения потерь по актам противопаводковых комиссий и экспертным оценкам и т. д. Такое положение приводило к тому, что зачастую ущерб от наводнений был занижен. В связи с этим в Республике предпринимались попытки разработки специальных методик, ориентированных на изучение данных о возможных ущербах от наводнений с учетом гидрологических параметров паводков и половодий и условий хозяйственной деятельности на территориях, подверженных опасности затопления паводковыми водами. К примеру, основу методики расчета ущербов от наводнений сельскохозяйственному производству положен принцип снижения урожайности при продолжительных половодьях в зависимости от величины отклонения сроков сева от оптимальных, летне-осенних паводков — полной или частичной потери сельхозпродукции в зависимости от длительности затопления. Для других отраслей учитывались как прямые ущербы, вызываемые непосредственно затоплением, так и косвенные, связанные с различными факторами (недовыпуском продукции, нарушением линий коммуникаций и т. д.).

Полученные с использованием расчетных методик данные об ущербах, причиняемых наводнениями, приведены в таблице 4. Они характеризуют величину среднегодового ущерба при естественном состоянии водотоков [7].

Наиболее ощутимы последствия наводнений на Полесье. Это связано с равнинным низинным рельефом местности, а также с малой врезанностью рек и, как следствие, малыми уклонами и малой пропускной способностью русел рек. Остановимся на Полесском регионе более подробно.

Таблица 4. Расчетные суммарные среднегодовые значения ущербов для основных водотоков на территории Беларуси [7]

Водосбор реки	Площадь затопления, км ²			Затапливаемые объекты	Расчетный ущерб от наводнений, тыс. руб. (в ценах 1990 г.)		
	P = 50%	P = 25%	P = 1%		P = 50%	P = 25%	P = 1%
Западная Двина	5	30	1528,1	Промпредприятия	—	—	194
				Жилой фонд	—	—	152
				Сельхозугодья	2,6	16	118
Неман	8	52	1357	Промпредприятия	—	—	130
				Жилой фонд	—	—	120
				Сельхозугодья	4,1	26	150
Виля	2,7	14	214,8	Промпредприятия	—	—	42
				Жилой фонд	—	—	35
				Сельхозугодья	1,2	8	51
Западный Буг	3,8	13	519,6	Жилой фонд	—	30	70
				Сельхозугодья	0,8	4,6	45,8
Днепр	4	60	3738,9	Промпредприятия	—	—	120
				Жилой фонд	—	—	260
				Сельхозугодья	3	17	210
Припять	11,56	2680	9202	Железнодорожный транспорт	—	—	1332
				Промпредприятия	—	—	102
				Жилой фонд	—	—	9110
				Сельхозугодья	18 403	44 028	75 519

Максимальное половодье на Припяти отмечено в 1845 г. Причем в тот год оно сформировалось на большом пространстве Восточной Европы. В бассейне Припяти оно было столь катастрофическим, что его, вероятно, можно отнести к группе предельно возможным в нашу климатическую эпоху. Половодье 1845 г. — это уникальное гидрологическое явление весьма редкой повторяемости. Максимальный уровень превышал нуль графика современного гидропоста у г. Мозыря на 675 см. При этом, расход воды, рассчитанный Г. И. Швецом, оценивается в 11000 м³/с [9]. Второе по величине половодье наблюдалось в 1877 г. в бассейне Припяти у г. Мозыря, где максимальный уровень достигал 589 см, что на 86 см ниже максимального наблюдаемого уровня, максимальный расход при этом составил 7500 м³/с [10]. Нами предпринята попытка оценить возможность появления наводнения, равного или превосходящего по величине наводнение в 1845 г. на р. Припять — г. Мозырь, а также наибольшего наводнения XX века в 1940 г. с помощью вероятностных методов. В результате исследований получили вероятность появления расхода, превосходящего наводнения 1845 и 1940 гг., в ближайшие 100 лет — 38% и 59,5% соответственно, а в ближайшие 10 лет — 5,78% и 11,4% соответственно [11].

Последнее значительное половодье было в 1999 г. Наиболее высокие уровни половодья сформировались на пра-

вобережных притоках Припяти — р. Горынь и р. Уборть, где превышение уровня составило 1,23–2,83 м. В период формирования максимумов половодья в бассейне выпало большое количество осадков (110–255% нормы), что привело к значительному увеличению уровня воды. По своей высоте максимумы половодья 1999 г. оказались близкими к половодью 1979 г., а на р. Шать, в нижнем течении Птичи и Ясельды превысили многолетние величины на 3–14 см. Глубина затопления поймы на большинстве реках достигла 1,0–3,3 м. Половодье принесло значительный материальный ущерб народному хозяйству [12].

В таблице 5 приведены расходы воды 10 наиболее значительных половодий на Припяти и их обеспеченности.

В таблице 6 приведены максимальные расходы воды половодья за весь период наблюдений по р. Припять — г. Мозырь (125 лет). За расчетное принято трехпараметрическое гамма-распределение, параметры которого установлены методом наибольшего правдоподобия и соответственно равны: норма максимального стока весеннего половодья — 1860 м³/с; коэффициент вариации — 0,89 и соотношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации — 4.

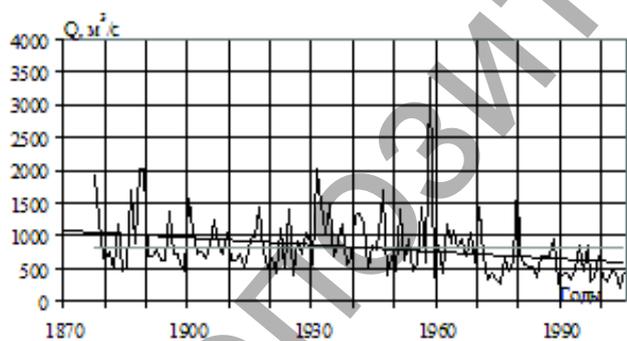
На рисунке 1 представлен гидрограф максимальных расходов воды весеннего половодья за инструментальный период наблюдения.

Таблица 5. Максимальные расходы воды весеннего половодья р. Припять — г. Мозырь [13]

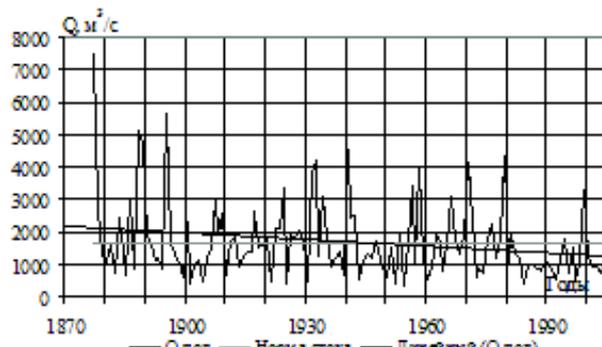
Годы	1845	1877	1895	1888	1889	1940	1979	1932	1970	1958
Q, м ³ /с	11000	7500	5670	5100	4700	4520	4310	4220	4140	4010
P, %	0,806	1,61	2,42	3,23	4,03	4,84	5,65	6,45	7,26	8,06

Таблица 6. Расчетные максимальные расходы воды (Q) весеннего половодья р. Припять — г. Мозырь различной обеспеченности [13]

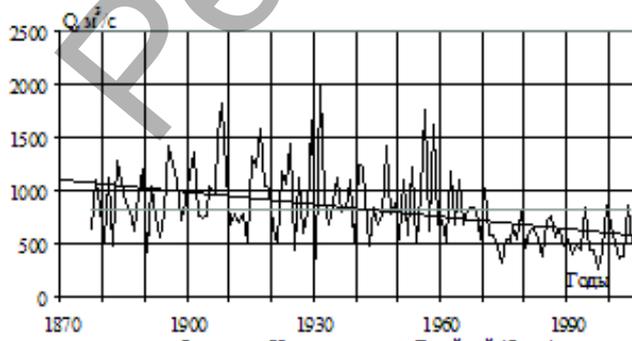
P, %	0,01	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	1,0	3,0	5,0	10,0
Q, м ³ /с	22700	17900	16000	13600	10400	9110	7530	5400	4550	3500



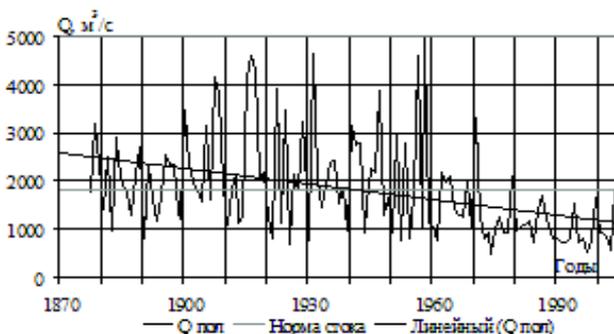
а)



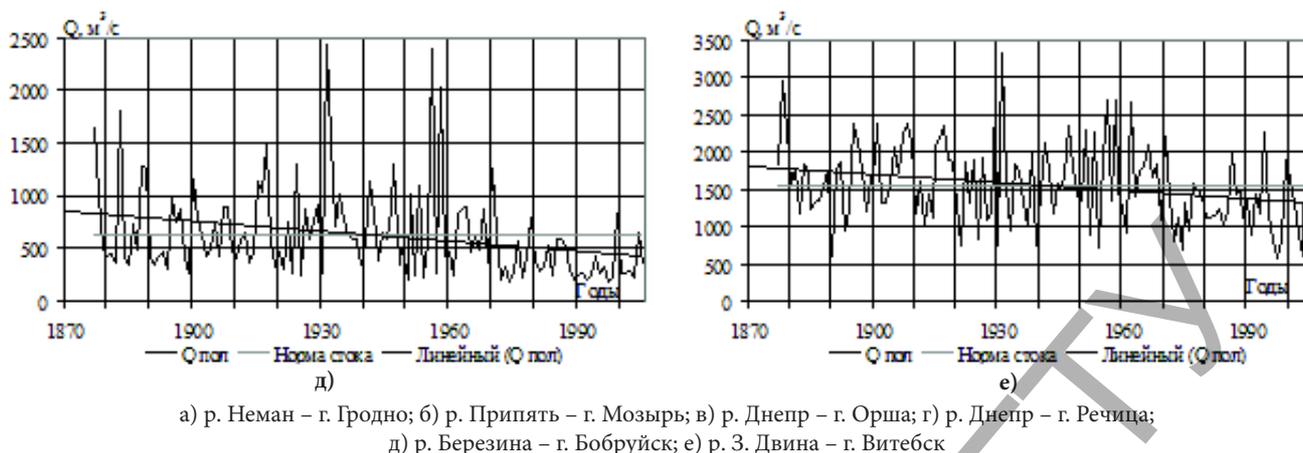
б)



в)



г)



а) р. Неман – г. Гродно; б) р. Припять – г. Мозырь; в) р. Днепр – г. Орша; г) р. Днепр – г. Речица; д) р. Березина – г. Бобруйск; е) р. З. Двина – г. Витебск

Рисунок 1. Гидрограф максимальных расходов воды весеннего половодья

Максимальный сток весеннего половодья р. Неман — г. Гродно наблюдался в 1958 году и составил $3410 \text{ м}^3/\text{с}$, затем происходило уменьшение максимальных расходов. В последние годы прошлого века максимальные расходы воды весеннего половодья были ниже среднего. Нами выполнен анализ на статистическую значимость средних величин максимального расхода за период с 1877 по 1979 гг. ($\bar{Q} = 908 \text{ м}^3/\text{с}$) и с 1980 по 2000 гг. ($\bar{Q} = 567 \text{ м}^3/\text{с}$), который показал, что расхождения в этих параметрах могут быть признаны статистически достоверными на 5%-м уровне значимости.

Максимальный расход весеннего половодья р. Припять — г. Мозырь наблюдался в 1877 году и составил $7500 \text{ м}^3/\text{с}$, затем происходило уменьшение максимальных расходов. Строго говоря, наибольший расход весеннего половодья на Припяти наблюдался в 1845 г. и, по расчетам Г.И. Швеца, расход воды в створе г. Мозырь составил $11\,000 \text{ м}^3/\text{с}$ [9]. В последние годы прошлого века максимальные расходы воды весеннего половодья были ниже среднего. Нами выполнен анализ на статистическую значимость средних величин максимального расхода за период с 1877 по 1980 гг. ($\bar{Q} = 1800 \text{ м}^3/\text{с}$) и с 1981 по 2005 гг. ($\bar{Q} = 1030 \text{ м}^3/\text{с}$, который показал, что расхождения в этих параметрах могут быть признаны статистически достоверными на 5%-м уровне значимости.

Максимальное значение расход весеннего половодья р. Днепр — г. Орша наблюдался в 1931 г. и составил $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ (у г. Речица — $4629 \text{ м}^3/\text{с}$), после этого наступил некоторый спад, однако в 1956 и 1958 гг. расходы были равны $1750 \text{ м}^3/\text{с}$ и $1610 \text{ м}^3/\text{с}$ (у г. Речица — $4590 \text{ м}^3/\text{с}$ и $4970 \text{ м}^3/\text{с}$) соответственно. Последний раз, когда расходы воды весеннего половодья превышали $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ у г. Орша ($Q = 1010 \text{ м}^3/\text{с}$), наблюдали в 1970 г. Вот уже более 30 лет расходы р. Днепр у г. Орша колеблются от $258 \text{ м}^3/\text{с}$ (1997 г.) до $846 \text{ м}^3/\text{с}$ (1999 г.). Подобная картина наблюдается и в створе г. Речица. В 1970 г. расходы воды р. Днепр — г. Речица достигли $3300 \text{ м}^3/\text{с}$, а после 1979 г. ($Q = 2080 \text{ м}^3/\text{с}$) колебались от $1680 \text{ м}^3/\text{с}$ (1986 г.) до $506 \text{ м}^3/\text{с}$ (1997 г.).

За исследуемый период максимальный расход воды весеннего половодья р. Березина — г. Борисов наблюдался в 1931 г. и составил $2430 \text{ м}^3/\text{с}$, в 1956 и 1958 гг. расходы также превышали $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ и составили 2400 и $2030 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно. Однако последний раз расходы весеннего половодья превысили расход $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ в

1970 г. ($Q = 1250 \text{ м}^3/\text{с}$). За последние 30 лет средний многолетний расход был превышен только 2 раза в 1979 г. ($Q = 783 \text{ м}^3/\text{с}$) и в 1999 г. ($Q = 785 \text{ м}^3/\text{с}$). Проверка на статистическую значимость показала, что средние величины максимальных расходов за период с 1877 по 1985 гг. ($\bar{Q} = 419 \text{ м}^3/\text{с}$) и с 1986 по 2000 гг. ($\bar{Q} = 329 \text{ м}^3/\text{с}$) статистически различимы на 5%-м уровне значимости.

Наибольший расход воды р. Западная Двина у г. Витебска наблюдался в 1931 г. и составил $3320 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует обеспеченности $P = 0,7\%$. С середины 60-х гг. прошлого столетия максимальный сток имеет тенденцию к снижению, что подтверждает проверка на статистическую значимость средних величин за различные периоды. Так, статистически различимыми на 5%-м уровне значимости являются средние за период с 1877 по 1965 гг. ($\bar{Q} = 1670 \text{ м}^3/\text{с}$) и с 1966 по 2000 гг. ($\bar{Q} = 1340 \text{ м}^3/\text{с}$), а также средние за период с 1877 по 1985 гг. ($\bar{Q} = 1610 \text{ м}^3/\text{с}$) и с 1986 по 2000 гг. ($\bar{Q} = 1350 \text{ м}^3/\text{с}$). За последние 20 лет расходы воды весеннего половодья превышали норму в 1986 г. ($Q = 2000 \text{ м}^3/\text{с}$), в 1994 г. ($Q = 2270 \text{ м}^3/\text{с}$) и в 1999 г. ($Q = 1890 \text{ м}^3/\text{с}$).

В целом можно сказать, что все крупные реки Беларуси имеют тенденцию к снижению стока весеннего половодья, независимо от их географического положения на территории страны, что подтверждают уравнения линии тренда (таблице 7).

По результатам проверки на значимость выявлено, что для всех рек коэффициенты корреляции являются статистически значимыми за полный период наблюдений, в период 1960–2005 гг. статистическая значимость градиента изменения не выявлена для р. Припять — г. Мозырь и р. З. Двина – г. Витебск, а за период 1945–1960 гг. градиенты не являются статистически значимыми ни для одной реки.

Выполнено физико-географическое районирование территории Беларуси по изменению градиента максимальных расходов воды весеннего половодья за период 1985–2000 гг. Выделено три зоны (рисунок 2). Критерием является показатель среднемноголетних изменений максимальных расходов. К первой (I) зоне относится территория с положительным значением градиента и со значением до $-5 \text{ (л/с} \cdot \text{км}^2) / 10 \text{ лет}$ (зона положительных и неустойчивых отрицательных трендов), ко второй (II) зоне — от -5 до $-20 \text{ (л/с} \cdot \text{км}^2) / 10 \text{ лет}$ (зона слабых отрицательных трендов), к третьей (III) — менее $-20 \text{ (л/с} \cdot \text{км}^2) / 10 \text{ лет}$ (зона отрицательных трендов) [14].

Таблица 7. Градиент изменения линии тренда максимальных расходов воды весеннего половодья крупных рек Беларуси за различные периоды

Река – створ	1877–2005		1960–2005		1945–1960	
	<i>a</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>r</i>
р. Припять – г. Мозырь	-67,683	0,21	-142,42	0,22	476,79	0,22
р. Неман – г. Гродно	-36,233	0,29	-108,32	0,45	177,66	0,11
р. Днепр – г. Орша	-37,749	0,41	-62,767	0,42	111,0	0,14
р. Днепр – г. Речица	-11,0	0,40	-157,7	0,39	-33,426	0,01
р. Березина – г. Бобруйск	-30,569	0,27	-76,421	0,41	192,57	0,14
р. З. Двина – г. Витебск	-36,556	0,25	-80,821	0,23	28,912	0,02

Примечание: критический коэффициент корреляции на 5%-м уровне значимости составляет $r_{1877-2005} = 0,174$, $r_{1960-2005} = 0,291$, $r_{1945-1960} = 0,497$ [4]

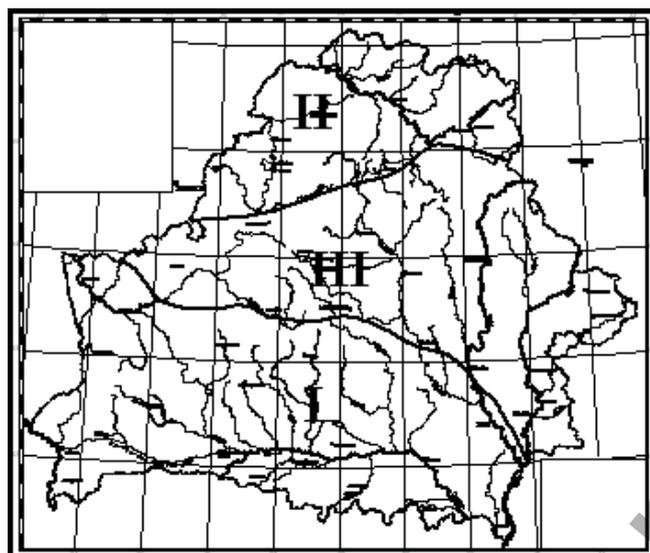


Рисунок 2. Районирование максимальных расходов воды весеннего половодья исходя из значений градиентов

Как видно из рисунка 2, первая зона охватывает практически все реки Черноморского склона и часть бассейна реки Неман. Вторая выделенная зона относится к северу страны (бассейна Западной Двины). На востоке и в центре страны, где скорость потепления климата выше, уменьшение градиента изменения максимальных расходов воды весеннего половодья наиболее значительно [15]. Значения самих градиентов показаны в таблице 8.

Анализ изменения градиента стока выполнен для средних месячных расходов воды в период с февраля по май с целью выявления трансформации максимальных расходов воды весеннего половодья во времени, данные которых приведены в таблице 8 и на рисунке 3. Неизменной считается зона, где градиент колеблется от -2 до $+2$ ($л/с \cdot км^2$) / 10 лет, зона увеличения — градиент выше 2 ($л/с \cdot км^2$) / 10 лет, зона уменьшения включает в себя градиенты ниже -2 ($л/с \cdot км^2$) / 10 лет [16].

Таблица 8. Градиенты изменения максимальных расходов воды весеннего половодья по рекам Беларуси ($л/с \cdot км^2$) / 10 лет

Река – створ	Значение градиента					максимальные расходы
	среднемесячные расходы				максимальные расходы	
	февраль	март	апрель	май		
1	2	3	4	5	6	
I зона (положительных и неустойчивых отрицательных трендов)						
р. Припять – с. Черничи	1,70	6,05	3,05	1,56		-0,44
р. Припять – г. Мозырь	1,83	6,22	3,97	2,43		6,58
р. Неслуха – с. Рудск	1,04	-3,71	-17,6	-7,53		1,90
р. Ясельда – с. Сенин	3,39	3,75	-4,47	-2,59		0,23
р. Цна – с. Дятловичи	2,11	6,03	2,62	1,03		1,41
р. Лань – с. Мокрово	2,42	4,18	2,01	0,68		0,88
р. Случь – с. Клепчаны	1,91	4,53	1,72	-0,15		1,03
р. Случь – г.п. Старобин						3,91
р. Случь – с. Ленин	4,67	9,05	1,45	1,16		6,95
кан. Бычок – с. Озераны	2,53	4,65	1,70	0,62		3,93
р. Уборть – с. Краснобережье	3,06	9,85	3,02	0,17		7,48
р. Свиновод – с. Симоничи	3,9	11,7	9,22	0,73		4,83
р. Птичь – с. Комарино						-0,16
р. Птичь – с. Лучицы	2,75	6,36	2,73	1,50		3,87
р. Доколька – с. Бояново	2,48	4,39	2,40	1,34		3,32
р. Оресса – с. Верхутино						-3,73
р. Оресса – г. Любань						3,24
р. Оресса – с. Андреевка	2,26	3,70	3,07	1,64		3,00
р. Ипа (Иппа) – с. Кротов						10,65
р. Словечна – с. Кузьмичи, выше впадения р. Батывля	2,68	9,65	2,60	0,58		10,92
р. Чертьень – с. Некрашевка						11,91

Продолжение таблицы 8.

Река – створ	Значение градиента				
	среднемесячные расходы				максимальные расходы
	февраль	март	апрель	май	
1	2	3	4	5	6
р. Неман – г. Гродно	1,83	2,69	-2,46	-0,56	-4,01
р. Уша – с. Большие Жуховичи					64,5
р. Щара – г. Слоним	1,24	1,98	-1,90	-0,69	-2,88
р. Щара – с. Великая Воля					-0,04
р. Мышанка (Миша) – с. Березки					110
р. Зельвянка – с. Пески					26,4
р. Рось – с. Студенец	1,62	0,91	-0,50	0,64	8,98
р. Свислочь – с. Сухая Долина	2,87	0,38	-2,68	0,84	12,8
р. Котра – пгт. Сахкомбинат	1,96	2,05	-1,59	-0,09	-4,44
р. Днепр – г. Речица	0,70	3,05	-2,25	0,22	-3,56
р. Березина – г. Бобруйск	1,09	2,94	2,91	0,73	-4,40
р. Ведрич – х. Бабочи					12,3
р. Верхняя Брагинка – с. Рудня Журавлева	0,45	3,00	0,79	0,80	-3,56
р. Копаювка – с. Черск	2,09	1,59	2,33	1,02	2,75
р. Мухавец – г. Брест, НБ	2,33	1,59	0,01	0,42	0,89
кан. Ореховский – с. Меленково	2,18	2,64	0,61	1,20	-2,58
р. Жабинка – г. Малая Жабинка					2,23
р. Рыга – с. Малые Радваничи	2,23	1,49	1,71	-0,16	-1,74
р. Малорита – г. Малорита	2,90	2,98	1,73	0,38	-2,02
р. Лесная – с. Тюхиничи	1,58	0,33	-1,20	0,25	-3,55
р. Пульва – г. Высокое	1,68	-2,03	2,14	0,25	2,52
р. Горынь – пгт. Речица	3,11	5,97	1,63	0,39	10,7
Среднее значение	2,21	3,81	0,61	0,28	7,05
II зона (слабых отрицательных трендов)					
р. Виляя – с. Стешицы	2,87	2,66	-0,10	0,82	-9,95
р. Виляя – ст. Залесье					-6,84
р. Виляя – с. Михалишки	1,45	1,76	-0,40	-1,04	-3,20
р. Нарочь – с. Черемшицы	0,61	0,79	-1,40	-2,08	-8,93
р. Нарочь – с. Нарочь	2,55	1,68	-1,77	-2,41	-14,2
р. Узлянка – с. Узла	1,89	0,75	-0,52	-0,89	-13,4
р. Ошмянка – с. Солы					-14,5
р. Ошмянка – с. Великие Яцыны	2,15	1,21	-1,71	-0,83	-6,60
р. Лучоса – с. Кузьменцы					-11,9
р. Улла – с. Промыслы (Бочейково)					-12,2
р. Эсса – с. Гадивля	2,22	1,98	0,19	1,29	-7,51
р. Полота – с. Янково 1-е	1,01	2,60	-1,98	-2,90	-5,60
р. Дисна – г. п. Шарковщина	2,24	3,32	-4,36	-2,23	-10,5
р. Мяделка – с. Русаки					-13,6
р. Березовка – с. Саутки	4,99	4,55	-2,02	-0,22	-12,4
р. Дрыса (Дрисса) – с. Дерновичи	-0,68	1,79	-2,62	-1,42	-7,81
р. Нища – с. Соколище	0,19	2,55	-1,94	-0,74	-7,37
р. Нача – с. Нача	1,79	3,95	-2,96	0,80	-6,88
Среднее значение	1,79	2,28	-1,66	-0,91	-9,63
III зона (отрицательных трендов)					
р. Неман – г. Столбцы	-2,69	-4,53	-43,70	-19,76	-22,0
р. Перепуть – с. Городище					-290
р. Ольшанка – с. Богданово	2,08	0,27	-3,14	-0,96	-251
р. Исloch – с. Боровиковщина	2,18	1,44	-3,28	-2,18	-29,5
р. Молчадь – с. Молчадь					-321
р. Виляя – г. Вилейка	0,18	2,47	0,26	-0,87	-128
р. Илия – с. Шуки					-24,2
р. Россасенка – с. Козьяны					-393
р. Друть – с. Городище	1,44	1,33	-3,04	0,75	-33,6
р. Друть – Чигиринская ГЭС	1,15	-0,30	-6,09	0,07	-53,6
р. Березина – с. Березино Липское (Березино)					-55,6
р. Сха – с. Житьково					-369
р. Плисса – с. Залесье					-26,6
р. Бобр – с. Куты	2,09	-0,43	-3,72	1,62	-72,4

Окончание таблицы 8.

Река – створ	Значение градиента				
	среднемесячные расходы				максимальные расходы
	февраль	март	апрель	май	
1	2	3	4	5	6
р. Бобр – с. Клыпенка (х. Пески)					-38,9
р. Вяча – с. Паперня					-223
р. Волма – с. Корзуны					-22,5
р. Ола – с. Михалево					-292
р. Сож – г. Кричев	1,21	2,52	-2,20	-0,30	-22,2
р. Вихра – с. Красный Берег (г. Мстиславль)					-315
р. Проня – с. Летяги(х. Яскарь)	1,80	0,40	-3,84	-0,48	-39,6
р. Бася – с. Хильковичи	3,21	2,46	-8,14	0,28	-103
р. Покоть – с. Красный Дубок					-131
р. Беседь – с. Бельнковичи					-271
р. Беседь – с. Светиловичи	1,49	1,71	-2,52	-0,60	-22,13
р. Жадунька – г. Костюковичи	4,40	1,82	-8,93	0,43	-47,5
р. Терюха – с. Грабовка					-184
р. Кривинка – с. Добригоры	1,04	2,14	-2,80	0,63	-24,2
р. Гайна – с. Гайна	20,1	20,7	32,6	14,0	-120
р. Свислочь – с. Теребуты	65,7	80,1	-21,3	2,44	-379
Среднее значение	7,03	7,47	-5,32	-0,33	-144

На рисунке 3 видно, что увеличение среднемесячного стока в феврале произошло в бассейнах рек Немана, Припяти, Западного Буга и Вилии, а уменьшение стока приурочено к северо-востоку страны и небольшой «островок» наблюдается восточнее г. Минск (бассейн р. Березина). Карта районирования среднемесячного стока в марте по градиенту изменения стока имеет такое распределение: увеличения градиента (в виде полосы с юга на север по центру страны), включая небольшие зоны уменьшения градиента ниже Минска и выше Пинска. Для стока в апреле характерны две полосы (неизменной зоны и зоны увеличения), идущие с востока на запад, которые выделя-

ют в свою очередь два острова увеличения, приуроченные к Минской краевой ледниковой возвышенности и Пуховичской водно-ледниковой равнине (это характерно и для стока в мае). В мае градиент стока уменьшился на значительной территории, в основном на севере Беларуси, а на юге остался неизменным и даже увеличился на некотором участке бассейна р. Припять. Также увеличение градиента стока мая наблюдается на северо-востоке Витебской области. В целом можно сказать, что в течение года произошло перераспределение стока рек Беларуси, что вызвано, в частности, уменьшением максимальных расходов воды весеннего половодья.

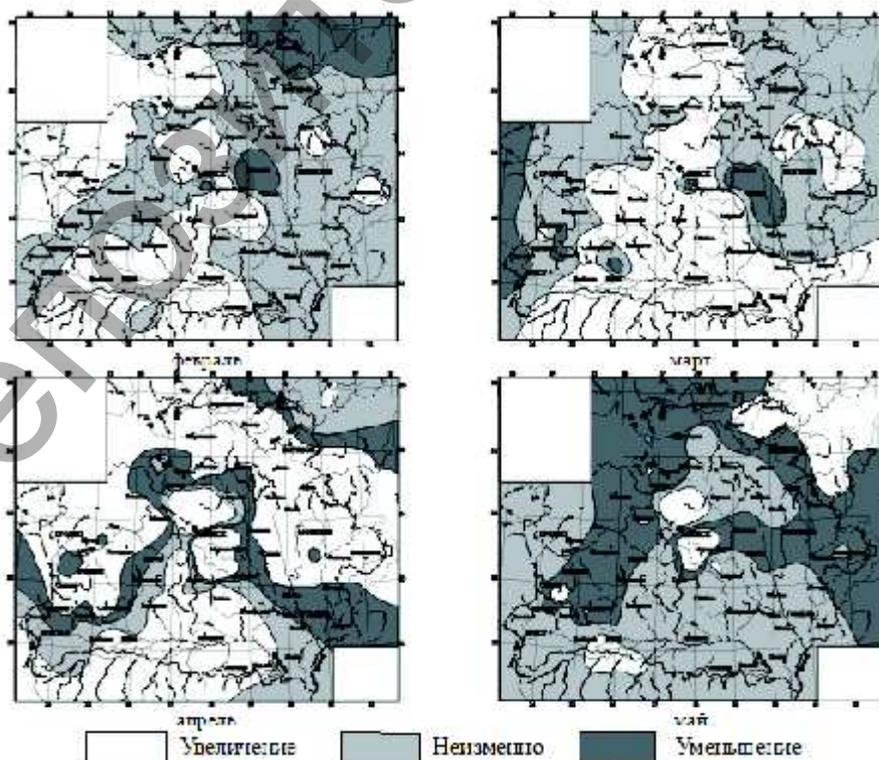


Рисунок 3. Районирование территории Беларуси по изменению значений градиента среднемесячных расходов воды рек

Анализ пространственной структуры изменения максимальных расходов воды весеннего половодья, судя по изменению коэффициентов стока (на рисунке 4 представлен в долях), позволяет утверждать, что практически на всей территории Беларуси произошло изменение стока весеннего половодья в сторону уменьшения. Однако, встречаются небольшие «островки», где произошло увеличение максимального стока, например, в районе Гродно, в Горках, Марьиной Горке, Борисове. Данные территории имеют большую абсолютную отметку, а следовательно, и повышенное количество осадков, в том числе и твердых. Наибольшее изменение произошло на юго-востоке страны в бассейне реки Припять и составило от -0,40 до -1,00 в долях от стока.

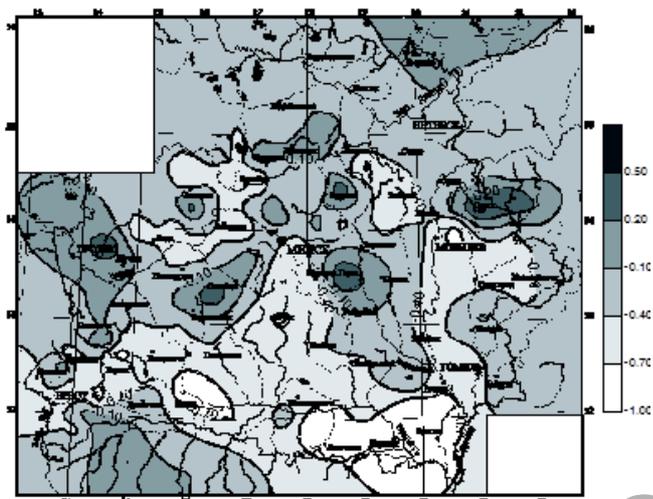
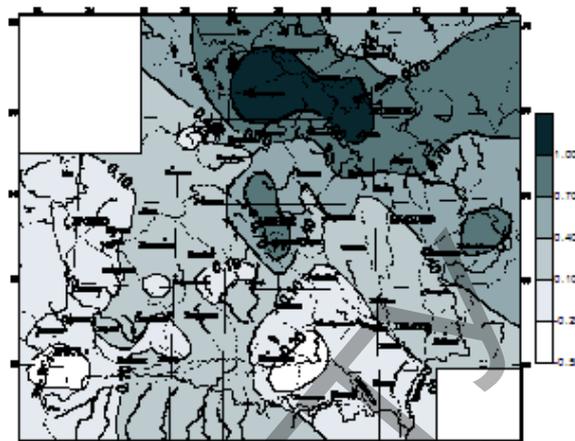


Рисунок 4. Пространственная структура изменения разности максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси за период 1951–1984 гг. и 1985–2000 гг.

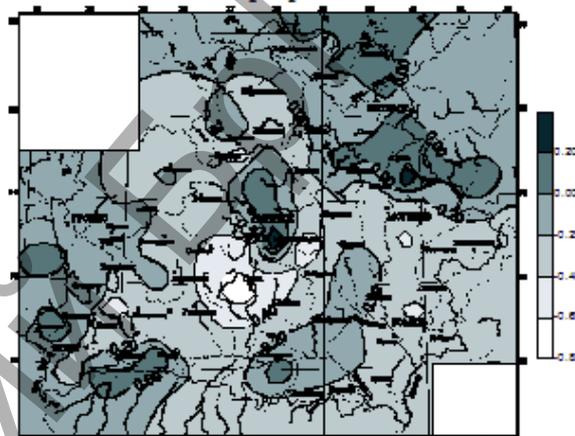
Пространственная структура изменения стоков рек в феврале – мае представлена на рисунке 5. Из рисунка 5 следует, что увеличение стока произошло в основном в феврале и марте, незначительное увеличение стока в апреле и мае (в центре страны) носит локальный характер. Уменьшение стока в феврале приходится на бассейн р. Западный Буг и небольшой участок р. Припять в районе г. Житковичи Гомельской области. Значительное увеличение стока (более 0,30) в феврале и марте происходит на севере и северо-востоке Беларуси (до 1,0 в долях от стока в районе Полоцкой низины), увеличиваясь на северо-восток. Наибольшее уменьшение стока наблюдается в апреле месяце (до -0,80 в области равнин и низин Предполесья).

Для подтверждения гипотезы о перераспределении расходов воды весеннего половодья в минимальные зимние расходы за счет частых ранних оттепелей приведен гидрограф расходов минимального зимнего стока (рис. 3), который имеет тенденцию к увеличению, что подтверждается положительным линейным трендом.

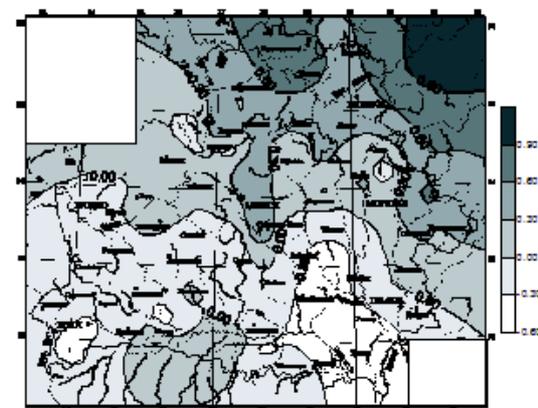
В целом можно сказать, что все крупные реки Беларуси имеют тенденцию к росту минимального зимнего стока, независимо от их географического положения на территории страны, что подтверждают уравнения линии тренда (таблица 4). Наименее выражено повышение минимальных зимних расходов воды р. Припять — г. Мозырь и р. Березина — г. Бобруйск, что подтверждают коэффициенты корреляции, которые не являются статистически значимыми.



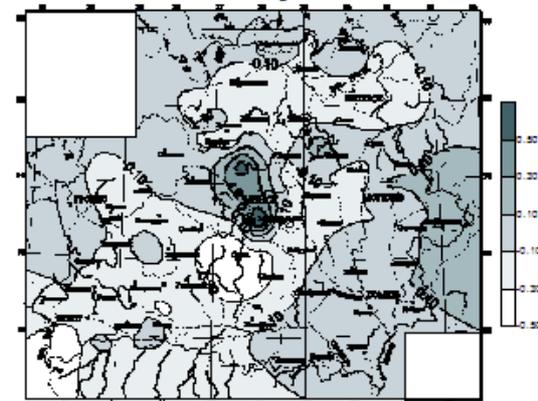
февраль



апрель

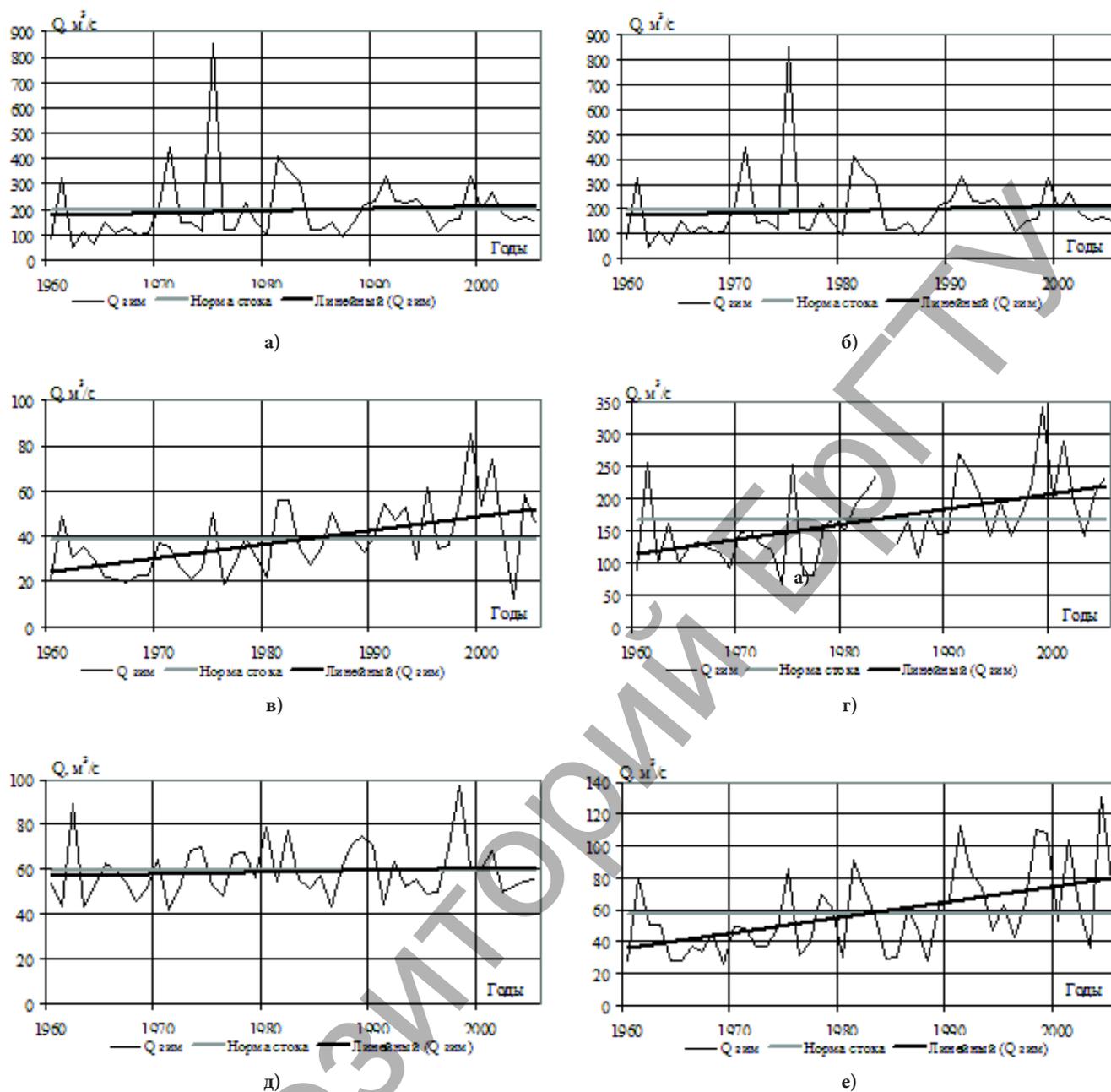


март



май

Рисунок 5. Пространственная структура изменения разности среднемесячных расходов воды рек Беларуси за период 1951 – 1984 гг. и 1985 – 2000 гг.



а) р. Неман – г. Гродно; б) р. Припять – г. Мозырь; в) р. Днепр – г. Орша; г) р. Днепр – г. Речица;
 д) р. Березина – г. Бобруйск; е) р. З. Двина – г. Витебск

Рисунок 6. Расходы минимального зимнего стока за период 1960–2000 гг.

Таблица 9. Параметры уравнения линии тренда минимальных зимних расходов воды крупных рек Беларуси за период 1960–2005 гг.

Река – створ	\bar{Q} , м³/с	C_v	C_s	$r(1)$	a	r
р. Припять – г. Мозырь	197	0,68	2,88	-0,03	9,157	0,09
р. Неман – г. Гродно	64,8	0,38	0,94	-0,19	5,76	0,31
р. Днепр – г. Орша	38,2	0,41	0,83	0,29	6,155	0,53
р. Днепр – г. Речица	168	0,36	0,69	0,24	23,665	0,53
р. Березина – г. Бобруйск	59,2	0,20	1,04	-0,03	0,976	0,11
р. З. Двина – г. Витебск	57,7	0,45	0,95	0,24	9,921	0,51

Примечание: критический коэффициент корреляции на 5%-м уровне значимости составляет $r = 0,304$ [4]

По результатам проверки на значимость выявлено, что для рек Днепр – г. Орша, Днепр – г. Речица, Неман – г. Гродно, З. Двина – г. Витебск коэффициенты корреляции являются статистически значимыми на 5%-м уровне значимости.

Для определения временной структуры изменения стока весеннего половодья основных рек Беларуси разбит ряд наблюдений на два периода: с начала наблюдений по 1965 год (начало крупномасштабных осушительных мелиораций) и с 1966 года по настоящее время. В

таблице 6 приведены выборочные оценки основных статистических параметров рассматриваемых отрезков временного ряда максимального стока.

Как видно из таблицы 10, среднемноголетний расход значительно уменьшился, что связано с увеличением числа оттепелей в зимний период.

Помимо количественного показателя, большое значение имеют даты наступления максимальных расходов и их пространственная структура.

Для определения изменения дат наступления максимальных расходов исходный ряд был разбит на два периода: с начала инструментальных наблюдений до 1980 г. и с 1981 г. по настоящее время. Выбор последнего периода обусловлен началом увеличения среднегодовой температуры воздуха [15]. За каждый из рассматриваемых периодов определялась средняя дата наступления максимальных расходов воды весеннего половодья, а также вычислялись отклонения от средних дат.

Было проведено картирование разностей отклонений от средних дат. Положительные значения на картах означают более раннее наступление максимальных расходов, а отрицательные — более позднее по сравнению с периодом с начала инструментальных наблюдений до 1980 г. [17].

Весеннее половодье начинается на юго-западе в среднем в начале марта, на севере – в первой декаде апреля [18]. Сроки начала весеннего половодья в отдельные годы колеблются в значительных пределах, особенно на реках бассейнов Немана и Припяти, где раннее вскрытие рек может наблюдаться во второй декаде февраля. Реки бассейна Западной Двины вскрываются в ранние вёсны в начале марта. Продолжительность половодья зависит главным образом от длины реки, от залесенности, заболоченности, озерности, густоты речной сети водосбора и др. В дополнение к карте средних дат начала весеннего половодья [18] нами построена карта средних дат наступления пиков весеннего половодья за период с начала инструментальных наблюдений до 1980 г. на территории Беларуси (рисунок 6). Как видно из рисунка 6, пики половодий на юго-западе Беларуси до 1980 г. приходились на середину — конец марта, на северо-востоке страны наступление максимальных расходов приходилось на середину — конец апреля.

В настоящее время даты максимальных расходов воды рек весеннего половодья, в основном, сместились на более ранние сроки, которые изменяются по направлению с юго-запада на северо-восток. Как правило, пики весеннего половодья наступают в марте практически на всей территории страны, что показано на рисунке 7 [19].

Таблица 10. Статистические параметры максимальных расходов воды весеннего половодья

Река – створ	Период	Количество лет наблюдений, n	Средне-многолетний расход, $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Средне-квадратичное отклонение, $\sigma_w, \text{ м}^3/\text{с}$	Коэффициент вариации, C_v	Коэффициент корреляции стока смежных лет, $r(1)$
р. Неман – г. Гродно	1877–1965	89	935	483	0,52	-0,07
	1966–2005	40	589	318	0,55	0,16
р. Припять – г. Мозырь	1877–1965	89	1770	1262	0,72	0,06
	1966–2005	40	1440	906	0,64	0,20
р. Днепр – г. Орша	1877–1965	89	936	347	0,37	-0,17
	1966–2005	40	575	173	0,31	0,10
р. Днепр – г. Речица	1877–1965	89	2130	1035	0,49	-0,13
	1966–2005	40	1110	515	0,47	0,05
р. Березина – г. Бобруйск	1877–1965	89	725	455	0,63	-0,09
	1966–2005	40	410	230	0,57	0,11
р. З. Двина – г. Витебск	1877–1965	89	1670	515	0,33	-0,16
	1966–2005	40	1330	425	0,32	0,09

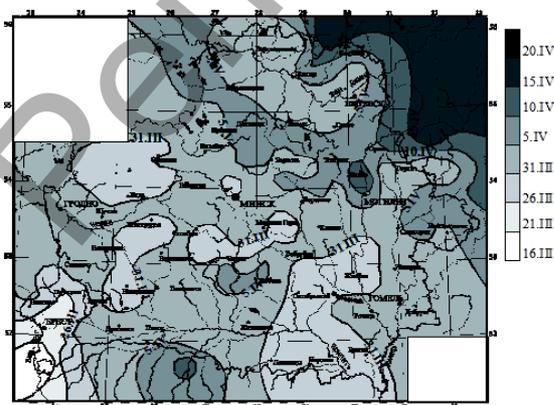


Рисунок 7. Карта средних дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси до потепления климата

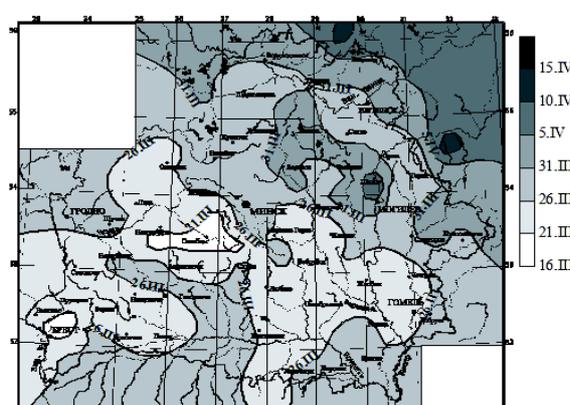


Рисунок 8. Карта средних дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси в современных условиях

Совместный анализ рисунка 6 и рисунка 7 позволил выделить реки со смещением дат на более ранние и поздние сроки наступления пиков половодий по основным бассейнам рек Беларуси за рассматриваемые периоды (таблица 11). По всем бассейнам наблюдается смещение дат пика половодья на более ранние сроки. Исключение

составляет западная часть территории республики, особенно водосбор Западного Буга, что связано с влиянием западного влагопереноса.

Характер смещения дат максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси представлен в таблице 12.

Таблица 11. Сроки наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Беларуси, сут.

Бассейн реки	Ранние сроки	Поздние сроки
Днепр	20	-2
Западная Двина	14	-1
Припять	15	-4
Неман	13	-4
Западный Буг	9	-8

Таблица 12. Процентное соотношение количества рек и декады наступления пиков половодья

Бассейн реки	март		апрель		
	II декада	III декада	I декада	II декада	III декада
Днепр	0/0	69,0/9,5	26,2/69,0	4,8/21,4	0/0
Западная Двина	0/0	31,25/0	62,5/75	6,25/18,8	0/6,25
Припять	13,8/0	82,8/27,6	3,4/69,0	0/3,4	0/0
Неман	12,5/3,1	78,1/15,6	9,4/81,3	0/0	0/0
Западный Буг	9,1/18,2	90,9/18,2	0/63,6	0/0	0/0
ИТОГО	6,9/2,3	71,5/14,6	19,2/72,3	2,3/10,0	0/0,8

Примечание: в числителе указан процент попадания рек данного бассейна в рассматриваемую декаду в настоящее время, в знаменателе — до 1980 г.

Как видно из таблицы 12, наибольшее смещение дат наступления пиков половодья на более ранние сроки произошло с 1-й декады апреля на 3-ю декаду марта. Исключение составляет бассейн Западной Двины, где максимальные расходы наступают в 1-й декаде апреля на большинстве рек, однако на более 30% рек пики половодий приходятся на 3-ю декаду марта, и незначительная часть рек разливается во 2-й декаде апреля. Произошло существенное смещение наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на территории Беларуси [20].

Для наглядного представления смещения дат максимальных расходов воды весеннего половодья построена карта (рисунок 8), из которой видно, что наибольшее смещение произошло в центре страны в области низин и равнин Предпоlessья, в западно-белорусской подобласти в районе Минской краевой ледниковой возвышенности, в районе Горецкой моренной равнины с ледниковыми образованиями.

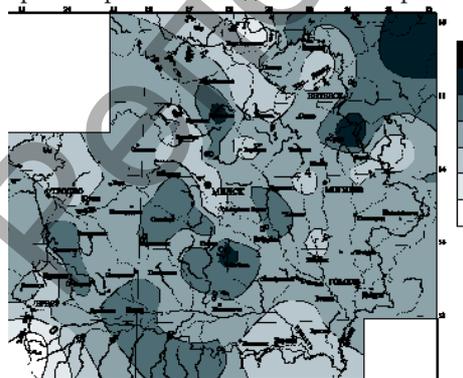


Рисунок 8. Карта отклонения средних дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси

Изменений не произошло на юго-западе Беларуси в районе Малоритской водно-ледниковой равнины. Незначительные сдвиги произошли на западе выше Гродно в

районе Озерской водно-ледниковой низины, Лидской моренной равнины, Вороновской водно-ледниковой равнины с краевыми ледниковыми образованиями, на юго-востоке в районе Хойникской водно-ледниковой низины с краевыми ледниковыми образованиями, Комаринской аллювиальной низины. Это связано с атмосферными переносами.

Полученные результаты свидетельствуют о смещении дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на более ранние сроки по всей территории Беларуси. В настоящее время 71,5% случаев пиков половодий рассматриваемых рек Беларуси приходятся на третью декаду марта, в то время как в период до 1980 г. максимальные расходы воды наблюдались в первой декаде апреля на 72,3% всех рек. Основной причиной смещения пиков половодий на реках Беларуси являются природно-климатические изменения [17].

По прогнозам ученых-климатологов, потепления климата продлится еще какое-то время, поэтому процесс смещения дат пиков половодий на более ранние сроки будет продолжаться, что необходимо учитывать при разработке планов управления и использования водных ресурсов.

За последнее время (2010–2015 гг.) опасные высокие уровни воды на реках Беларуси наблюдались в 2010, 2011, 2012, 2013 годах, максимальные из них приведены в таблице 13 [21]. Как видно из таблицы 13, максимальные опасные уровни наблюдались в 2010 и в 2013 годах. В формировании половодья 2010 года особую роль сыграли большие снегозапасы (больше нормы на 20–100%), толщина ледяного покрова была больше нормы на 3–10 см, а также сохранялась повышенная водность Днепра на 20–50%, Березины — на 30%, Сожа — на 60% и Припяти — на 20–30%. В 2013 году в бассейнах Днепра, Березины, Сожа и Припяти максимальные запасы воды в снеге были близки к норме, а в бассейнах Немана и Вилии даже превышали ее. В этот год водность большинства рек наблюдалась выше обычной на 20–80%.

Таблица 13. Опасные уровни воды весеннего половодья за период 2010 – 2015 гг. на территории Беларуси

Река - пост	Отметка «0» поста, м БС	Опасный высокий уровень над нулем поста, см	Уровень воды над нулем поста, см	
			максимальный и дата наблюдений	при затоплении и дата наблюдений
Бассейн реки Западная Двина				
З.Двина - Полоцк	106,14	1050	1097 22.04.2013	1065 5.04.2010
З.Двина - Вернедвинск	99,38	840	1098 23.04.2013	911 17.04.2013
Улла - Бочейково	119,52	650	672 30-31.03.2010	655 29.03.2010
Дисна - Шарковщина	116,52	600	778 21.04.2013	680 18.04.2013
Бассейн реки Неман				
Неман - Столбцы	145,05	230	275 26-27.03.2010	230 24.03.2010
Щара - Слоним	128,88	210	213 10-12.04.2010	213 10.04.2010
Бассейн реки Западный Буг				
Мухавец - Брест	129,90	380	389 20.04.2013	384 19.04.2013
Бассейн реки Днепр				
Днепр - Могилев	138,40	620	661 19.04.2013	626 17.04.2013
Днепр - Жлобин	122,65	400	461 23.04.2013	416 21.04.2013
Днепр - Лоев	108,03	545	623 1.05.2013	607 29.04.2013
Друть - Городище	145,41	300	378 17.04.2013	314 15.04.2013
Березина - Борисов	150,46	280	307 7-8.04.2010	281 31.03.2010
Березина - Бобруйск	132,17	255	364 4-5.04.2010	349 2.04.2010
Березина - Светлогорск	120,37	690	705 8.04.2010	692 5.04.2010
Сож - Гомель	113,91	500	661 28.04.2013	661 28.04.2013
Вихра - Мстиславль	150,24	520	524 17.18.04.2013	524 17.04.2013
Проня - Летаги	132,12	290	429 30.03.2010	311 25.04.2013
Ипуть - Добруш	119,04	430	503 28-29.04.2013	465 24.04.2012
Припять - Пинск	133,18	280	302 21.04.2013	278 9.02.2011
Припять - Черничи	119,23	510	587 18-21.04.2013	556 12.04.2013
Припять - Петриков	112,55	760	878 21.04.2013	807 14.02.2011
Припять - Мозырь	110,93	500	622 24.04.2013	566 17.04.2013
Припять - Наровля	109,09	525	528 25-26.04.2013	526 22.04.2013
Пина - Пинск	132,29	310	325 22-24.04.2013	314 17.04.2013
Цна - Дятловичи	134,96	245	259 20-23.04.2013	245 16.04.2013
Горынь - Малые Викоровичи	129,67	530	564 20-23.04.2013	-
Цна - Кожан-Городок	128,17	225	254 23-24.04.2013	226 19.04.2013
Случь - Ленин	129,97	240	268 29.03.2010	268 29.03.2010
Ствига - Коротичи	121,00	550	591 16-17.04.2013	554 12.04.2013
Уборть - Краснобережье	126,26	305	345 12.04.2013	-

Уменьшение стока весеннего половодья вовсе не исключает возможность формирования крупных наводнений, а следовательно, и значительного экономического ущерба. Поэтому дальнейшее изучение максимальных расходов важно с целью прогнозирования и районирования территории по степени затопления поймы различной обеспеченности. Пойма должна подразделяться на зоны риска в соот-

ветствии с содержанием карты паводкоопасных районов. На этой основе должна разрабатываться государственная программа страхования от наводнений.

Заключение. В результате установили уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья крупных рек, вызванное зимними оттепелями, в результате чего часть весеннего стока переходит в минимальный зимний сток.

Изменения градиентов средних месячных расходов воды в период с февраля по май пришлись в основном на февраль и март, незначительное увеличение в апреле и мае (в центре страны) носит локальный характер. Уменьшение стока в феврале приходится на бассейн р. Западный Буг. Значительное увеличение стока февраля и марта происходит на севере и северо-востоке Беларуси, увеличиваясь на северо-восток. Наибольшее уменьшение приходится на апрель месяц. Определены средние даты наступления максимальных расходов воды весеннего половодья за период последнего повышения температуры воздуха на территории Беларуси. Произошло смещение дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на более ранние сроки (71,5% случаев пик половодий приходится на третью декаду марта) в направлении с юго-запада на северо-восток Беларуси.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авакян, А.Б. Наводнения. Концепция защиты / А.Б. Авакян // Известия РАН. Сер. Географическая. – 2000. – № 5. – С. 40–46.
2. Авакян, А.Б. Антропогенные факторы наводнений / А.Б. Авакян, А.А. Полюшкин // Водные ресурсы. 1989. № 3 – С. 5.
3. Васильченко, Г.В. Опыт борьбы с наводнениями в СССР и задачи инженерной защиты от затоплений сельхозугодий в пойме р. Припяти / Г.В. Васильченко, Л.А. Гриневич // Проблемы Полесья. Минск.: Наука и техника, 1984. – Вып. 9. – С. 20–27.
4. Истомина, М.Н. Наводнения: генезис, социально-экономические и экологические последствия / М.Н. Истомина, А.Г. Кочарян, И.П. Лебедева // Водные ресурсы. – 2005. – № 4, т. 32. – С. 389–398.
5. Волчек, А.А. Автоматизация гидрологических расчетов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: труды Международной научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений / Брест. политехн. институт. – Биберах – Брест – Ноттингем, 1998. – С. 55–59.
6. Христофоров, А.В. Теория случайных процессов в гидрологии. – М.: Из-во МГУ, 1994. – 141 с.
7. Рутковский, П.П. Проблема наводнений в Республике Беларусь и пути её решения / П.П. Рутковский // Природные ресурсы, 2001. – №2. – С. 59–63.
8. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справочник / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; под общ. ред. М.А. Гольберга – Минск: Белорусский научно-исследовательский центр "Экология", 2002. – 132 с.
9. Швец, Г.И. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР / Г.И. Швец. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 244 с.
10. Волчек, А.А. Многоводная Припять / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Гісторыка-культурная спадчына Брэсцка-Пінскага Палесся: паміж мінулым і будучыняй (да 450-годдзя г. Століна): матэрыялы III Міжнар. навук. канф., Столін, 28 – 29 чэрв. 2005 г. / Брэсц. абл. выкан. кам., Столін. раен. выкан. кам.; Брэсц. дзярж. ун-т імя А.С. Пушкіна; рэдкал.: А.М. Вабішчэвіч (адк. рэд.), [і інш.]. – Брэст: Выд-ва БрДУ, 2006. – С. 332–338.
11. Волчек, Ан.А. Прогнозирование наводнений на реках Полесья / Ан.А. Волчек // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: тэзісы дакл. IV Міжнар. навук. канф., Брэст, 10–12 верас. 2008 г./ рэдкал.: М.В. Міхальчук (адк. рэд.), [і інш.]–Брэст: Альтернатива, 2008.–С. 238.
12. Волчек, А.А. Половодья на Припяти // Брэсцкі геаграфічны вестнік. Геаграфічныя і геаэкалагічныя праблемы Палескага рэгіёну. – Брэст, 2001. – Т. 1. Вып. 1. – С. 73–78.
13. Волчек, А.А. Наводнения на Припяти / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. тезисов докл. III Междунар. науч.-практич. конф., Минск: в 3 т. / Ред. кол.: Э.Р. Бариев [и др.] – Минск, 2005. – Т. 2. – С. 200–203.
14. Волчек, Ан.А. Трансформация максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси / Ан.А. Волчек // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: тэзісы дакл. III Міжнар. навук. канф., Брэст, 7–9 чэрв. 2006 г. / Академия, рэдкал.: М.В. Міхальчук (адк. рэд.), [і інш.]. – Брэст, 2006. – С. 219.
15. Логинов, В.Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек. – Минск: Тонтик, 2006. – 160 с.
16. Волчек, А.А. Изменение сроков наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Вестн. Фонда фундамент. исслед. – 2008. – № 1. – С. 54–59.
17. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат. – Т. 5, Ч. 1. – 1966. – 718 с.
18. Волчек, А.А. Изменение дат наступления пиков половодий на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов: материалы Междунар. науч.-практич. конф., Брянск, 25 – 27 окт. 2007 г. / РИО БГУ; редкол.: Л.М. Ахромеев [и др.]. – Брянск, 2007. – С. 163–168.
19. Волчек, А.А. Трансформация дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Региональные проблемы экологии: пути решения: материалы IV Междунар. экологического симпозиума, Полоцк, 26 – 27 нояб. 2007 г.: в 3 т. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2007. – Т. I. – С. 64–68.
20. Каталог опасных гидрологических явлений на реках территории Беларуси за 2010 – 2015 годы / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; под общ. ред. М.Е. Нагибина. – Минск, 2016. – 30 с.

Материал поступил в редакцию 04.05.17

VOLCHEK AN.A. Flooding on the territory of Belarus.

As a result of the research, it was established that the maximum water discharge in the spring floods of large rivers was reduced, caused by frequent winter thaws, as a result of which part of the spring runoff passes to the minimum winter runoff. Changes in the gradients of average monthly water charges during the period from February to May occurred mainly in February and March, a slight increase in April and May (in the center of the country) is of a local nature.