

7. Коронкевич, Н.И. Общие представления об экстремальных гидрологических ситуациях / Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, А.Ф. Бумакова, И.С. Зайцева // Экстремальные гидрологические ситуации. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. – С. 12–32.
8. Котляков, В.М. Наводнение 6–7 июля 2012 года в городе Крымске / В.М. Котляков, Л.В. Десинов, С.В. Долгов, Н.И. Коронкевич, Э.А. Лихачева, А.Н. Маккавеев, А.А. Медведев, В.А. Рудаков // Изв. РАН, сер. географ. – 2012. – № 6. – С. 80–88.
9. Львович, М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. – М.: Мысль, 1974. – 448 с.
10. Нежиховский, Р.А. Наводнения на реках и озерах. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 184 с.
11. Таратунин, А.А. Наводнения на территории Российской Федерации. – Екатеринбург: Мин-во природных ресурсов РФ, РосНИИВХ, 2008. – 432 с.
12. Таратунин, А.А. Наводнения по континентам и странам. – Екатеринбург: Изд-во ФГУПРОСНИИВХ, 2011. – 480 с.
13. Тенденции и динамика загрязнения окружающей среды Российской Федерации в начале XX века. Выпуск 2. – М.: Росгидромет, 2013. – 43 с.
14. Экстремальные гидрологические ситуации. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. – 460 с.

Материал поступил в редакцию 04.04.14

KORONKEVICH N. I., BARABANOVA E.A., DOLGOV S.V., ZAYTSEVA I.O. Extreme hydrological situations in the world and in Russia

In recent years extreme hydrological situations have a great impact on society all over the world causing economic damage and human losses. There are three main characteristics of water regimen: floods, water shortage and a qualitative change (pollution) of natural waters are discussed in the article. Detailed assessment of the dynamics of flooding in the world in three classes (a relatively small, medium, and catastrophic) was made by the authors. The number of floods at the beginning of the XXI century increased almost twice. It caused a significant increase in human casualties and economic damage. Water shortage and water scarcity are less destructive than floods, but it is still problem for a number of countries today. Pollution of rivers and water bodies is greater threat than water shortage. An increase in the incidence of extreme high and high levels of pollution of surface and marine waters in Russia and in other countries around the world was shown in the article.

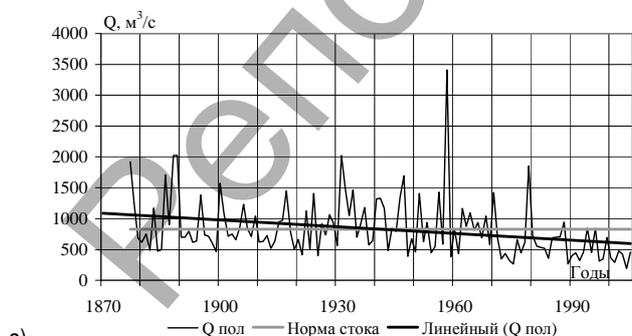
УДК 556.535.3

Волчек А.А., Валуев В.Е., Мешик О.П., Волчек Ан.А., Дашкевич Д.Н.

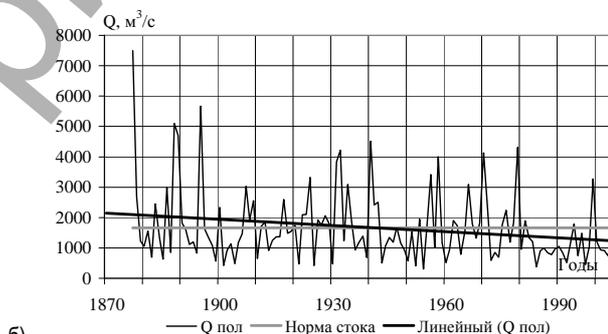
ПОЛОВОДЬЕ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ КАК АНОМАЛЬНОЕ СОВРЕМЕННОЕ КЛИМАТИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ

Введение. В ряду аномальных современных климатических/ метеорологических явлений наибольший ущерб народному хозяйству наносят наводнения. Увеличение частоты и разрушительной силы наводнений связано, наряду с природными факторами, с антропогенными воздействиями. Среди них, в первую очередь, следует назвать сведение лесов, стихийное освоение пойм, нерациональное ведение сельскохозяйственного производства и др. Закономерности многолетних колебаний максимального стока на водосборах рек, особенности тепловлагопереноса в атмосфере тесно коррелируются и представляют интерес при изучении опасных метеорологических явлений.

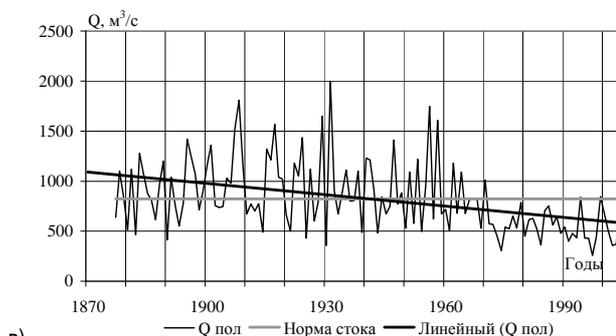
На рисунке 1 представлены гидрографы максимальных расходов воды весеннего половодья за период инструментальных наблюдений (реки Белорусского Полесья).



а)



б)

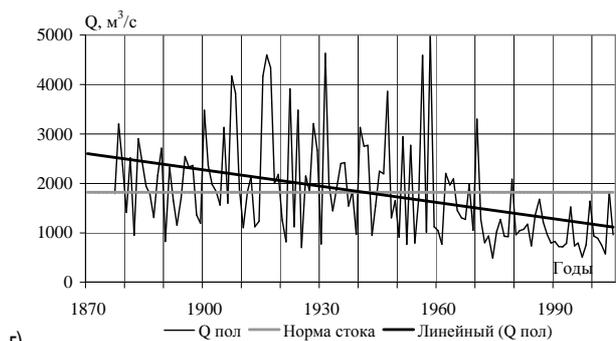


в)

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

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

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология



г) а) р. Неман – г. Гродно; б) р. Припять – г. Мозырь; в) р. Днепр – г. Орша; г) р. Днепр – г. Речица

Рис. 1. Гидрограф максимальных расходов воды весеннего половодья

Как видно (рисунок 1), снижение максимальных расходов воды весеннего половодья наблюдается на всех без исключения реках. Например, максимальный сток весеннего половодья р. Неман – г. Гродно наблюдался в 1958 году и составил 3410 м³/с, позднее происходило уменьшение максимальных расходов. В последние годы прошлого века максимальные расходы воды весеннего половодья были ниже среднего значения. Анализ средних величин максимальных расходов воды за периоды: 1877–1979 гг. ($\bar{Q} = 908 \text{ м}^3/\text{с}$) и 1980–2005 гг. ($\bar{Q} = 511 \text{ м}^3/\text{с}$) показал, что расхождения в расходах могут быть признаны статистически достоверными на 5 %-м уровне значимости.

Максимальный расход весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь наблюдался в 1877 году, составил 7500 м³/с, затем стал уменьшаться. Наибольший расход весеннего половодья р. Припять наблюдался в 1845 г. и по расчетам Г.И. Швеца в створе г. Мозырь составил 11000 м³/с [1]. В последние годы прошлого века максимальные расходы воды весеннего половодья были ниже среднего значения. Нами выполнен анализ статистической значимости средних величин максимальных расходов воды за периоды: 1877–1980 гг. ($\bar{Q} = 1800 \text{ м}^3/\text{с}$) и 1981 – 2005 гг. ($\bar{Q} = 1030 \text{ м}^3/\text{с}$). Обнаруженные расхождения в расходах могут быть признаны статистически достоверными на 5 % уровне значимости.

Максимальное значение расхода весеннего половодья р. Днепр – г. Орша наблюдался в 1931 г. и составил 2000 м³/с (у г. Могилев – 2360 м³/с, у г. Речица – 4629 м³/с), после этого наступило некоторое снижение расходов, в 1956 и 1958 гг. – были равны 1750 м³/с и 1610 м³/с (у г. Могилев – 2110 м³/с и 1650 м³/с, у г. Речица – 4590 м³/с и 4970 м³/с). Последний раз (1970 г.), когда расходы воды весеннего половодья превышали 1000 м³/с у г. Орша ($Q = 1010 \text{ м}^3/\text{с}$), у г. Могилев ($Q = 1280 \text{ м}^3/\text{с}$). Более 30 лет расходы р. Днепр у г. Орша колеблются от 258 м³/с (1997 г.) до 846 м³/с (1999 г.), от 989 м³/с (1994 г.) до 259 м³/с (1997 г.) у г. Могилева. Подобная картина наблюдается и в створе г. Речица. Расходы воды р. Днепр – г. Речица достигли 3300 м³/с (1970 г.), 2080 м³/с (1979 г.) и далее колебались от 1680 м³/с (1986 г.) до 506 м³/с (1997 г.).

Таким образом, на всех крупных реках Беларуси прослеживается тенденция к снижению стока весеннего половодья, независимо от физико-географических условий водосборов, что подтверждают уравнения линии тренда (таблица 1).

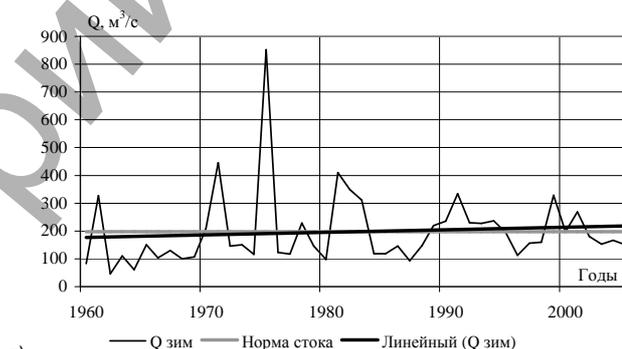
Таблица 1. Параметры уравнения линий тренда максимальных расходов воды весеннего половодья крупных рек Беларуси

Река – створ	\bar{Q} , м³/с	C_v	C_s	$r(1)$	Уравнение линии тренда	r
р. Припять – г. Мозырь	1670	0,71	2,01	0,10	$Q_t = -6,7683 \cdot t + 2153,8$	0,21
р. Неман – г. Гродно	828	0,56	1,99	0,09	$Q_t = -3,6233 \cdot t + 1088,8$	0,29
р. Днепр – г. Орша	824	0,42	0,92	0,12	$Q_t = -3,7749 \cdot t + 1095,5$	0,41
р. Днепр – г. Речица	1820	0,56	1,12	0,13	$Q_t = -11 \cdot t + 2609,6$	0,40

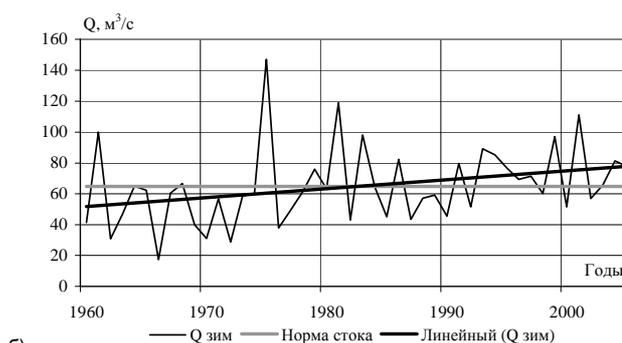
Примечание: Критический коэффициент корреляции на 5 %-ом уровне значимости $r=0,20$

По результатам проверки на значимость выявлено, что для всех рек коэффициенты корреляции являются статистически значимыми. Устойчивость выборочных статистик временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья оценена для двух характерных периодов: с начала наблюдений по 1965 г. (начало крупномасштабных осушительных мелиораций) и с 1966 г. по настоящее время. В таблице 2 приведены выборочные оценки основных статистических параметров временного ряда максимального стока за расчетные периоды.

Анализ средних максимальных расходов воды весеннего половодья, для рассматриваемых периодов, показывает, что произошли существенные уменьшения максимального стока. Что касается размаха колебаний, то, судя по коэффициентам автокорреляции, отвергать нулевую гипотезу нет оснований и различия в их значениях следует признать несущественными. Заметное снижение максимальных расходов воды весеннего половодья в конце XX века вызвано увеличением количества оттепелей зимой. Это приводит к увеличению зимнего стока, а порой – к зимним паводкам и снижению максимальных расходов весной. Для подтверждения гипотезы исследован многолетний ход расходов минимального зимнего стока (рисунок 2), соответствующий положительному линейному тренду. Повышение минимальных зимних расходов воды р. Припять – г. Мозырь и р. Неман – г. Гродно не подтверждается значениями коэффициентов корреляции, которые не являются статистически значимыми. В то же время, для реки Днепр – г. Орша, Днепр – г. Речица и др. коэффициенты корреляции являются статистически значимыми на 5 %-м уровне значимости. С учетом тенденций уменьшения стока выполнен анализ изменения обеспеченных величин максимальных расходов воды весеннего половодья за периоды: 1877–1965 гг. и 1966–2005 гг. (таблица 3).



а)



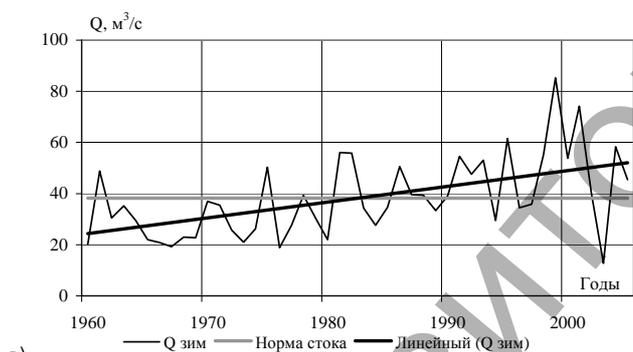
б)

Таблица 2. Статистические параметры максимальных расходов воды весеннего половодья

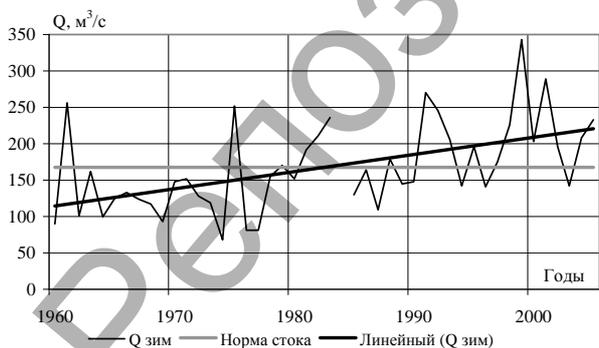
Река – створ	Период	Количество лет наблюдений, n	Среднегодовой максимальный расход воды, \bar{Q} , м ³ /с	Коэффициент вариации, C_v	Коэффициент автокорреляции, $r(1)$
Неман – г. Гродно	1877–1965	89	935	0,52	-0,07
	1966–2005	40	589	0,55	0,16
Припять – г. Мозырь	1877–1965	89	1770	0,72	0,06
	1966–2005	40	1440	0,64	0,20
Днепр – г. Орша	1877–1965	89	936	0,37	-0,17
	1966–2005	40	575	0,31	0,10
Днепр – г. Речица	1877–1965	89	2130	0,49	-0,13
	1966–2005	40	1110	0,47	0,05

Таблица 3. Обеспеченные величины максимальных расходов воды весеннего половодья отдельных рек Беларуси за различные периоды, м³/с

Река – створ	Период	Обеспеченность, %		
		1	5	10
Припять – г. Мозырь	1877–1965	7090	4600	3550
	1966–2005	5490	3600	2800
	изменения, %	-22,6	-21,7	-21,1
Неман – г. Гродно	1877–1965	2790	1970	1610
	1966–2005	2020	1360	1080
	изменения, %	-27,6	-31,0	-32,9
Днепр – г. Орша	1877–1965	2060	1640	1440
	1966–2005	1130	928	834
	изменения, %	-45,1	-43,4	-42,1
Днепр – г. Речица	1877–1965	5510	3950	3240
	1966–2005	3430	2330	1870
	изменения, %	-37,7	-41,0	-42,3



в)



г)

а) р. Припять – г. Мозырь; б) р. Неман – г. Гродно; в) р. Днепр – г. Орша; г) р. Днепр – г. Речица

Рис. 2. Расходы минимального зимнего стока за период 1960–2000 гг.

Имеют место существенные расхождения в обеспеченных величинах максимальных расходов воды весеннего половодья за рассматриваемые периоды р. Западная Двина – г. Витебск, р. Березина – г. Бобруйск, т.е. при разработке вероятностных прогнозов необходимо

учитывать этот факт (неоднородности временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья), как и в целом для рек Беларуси.

Например, существенность изменения максимальных расходов воды р. Сож по периодам с 1900 по 1965 гг. и с 1966 по 2000 гг. подтверждается коэффициентами вариации, статистически различимыми на 5%-м уровне значимости.

В таблице 4 приведены основные гидрологические характеристики по расчетным периодам рр. Сож и Днепр.

Для оценки степени трансформации водного режима рек в период весеннего половодья использованы линейные тренды. Темп снижения максимальных расходов воды составляет: $\alpha = -150$ м³/с/10 лет и $\alpha = -186$ м³/с/10 лет, соответственно, для Славгорода и Гомеля. В этих створах, судя по увеличению коэффициентов вариации, возможно увеличение вероятности наводнений.

На рисунке 3 представлена динамика скользящих максимального стока весеннего половодья, согласно принятым интервалам осреднения, в рамках 1877–2000 гг.

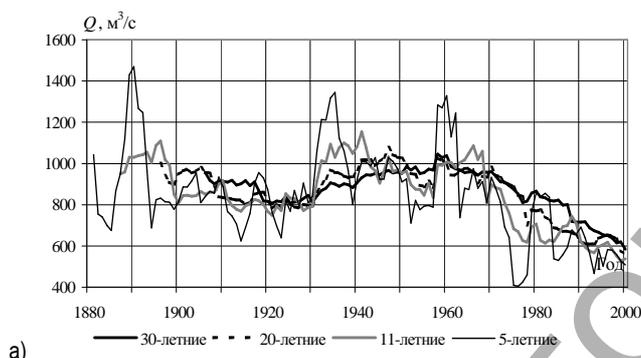
В таблице 5 представлены результаты исследования устойчивости выборочных статистик при изменении периодов осреднения применительно к максимальным расходам воды весеннего половодья крупных рек Беларуси.

Проверка на статистическую значимость различий средних $R(1)$, $Q^{(30)}$ и $Q^{(20)}$ произведена с помощью критерия Фишера, результаты занесены в таблицу 6.

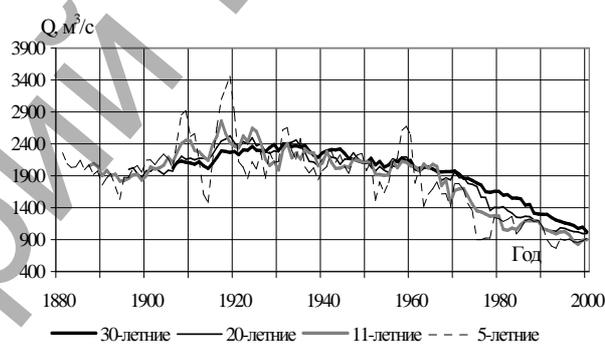
Как видно из таблицы 6, крайние значения $r(1)$ р. Неман – г. Гродно для 30-летнего периода осреднения составили 0,18 и -0,18, для 20-летнего – 0,19 и -0,36, соответственно. Различия в оценках параметра могут подтверждать гипотезу о нестационарности рассматриваемого временного ряда стока р. Неман – г. Гродно. Однако проверка гипотезы об однородности среднего и дисперсии 30-летних и 20-летних отрезков ряда показала, что, при доверительной вероятности 5 %, расхождения в оценках $R(1)$ и дисперсии могут быть признаны статистически недостоверными. Статистически различимыми являются крайние значения $Q^{(30)}$ (1047 и 584 м³/с) и $Q^{(20)}$ (1002 и 559 м³/с) [1].

Таблица 4. Гидрологические характеристики максимальных расходов воды весеннего половодья рр. Сож и Днепр

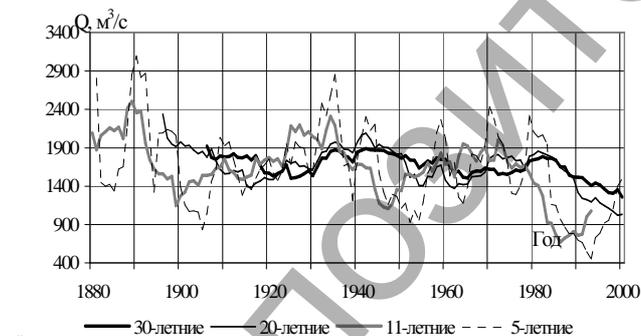
Створы	Q, м³/с	C _v	C _s	r(1)	P=1 %	P=3 %	P=5 %	P=10 %
г. Славгород	1420	0,77	1,93	0,08	4850	3820	3330	2700
г. Гомель	1850	0,79	1,98	0,11	6320	4970	4340	3510
1900–1965 гг.								
г. Славгород	1770	0,66	1,64	-0,15	5300	4280	3800	3150
г. Гомель	2220	0,70	1,74	-0,08	6670	5380	4780	3960
1966–2000 гг.								
г. Славгород	880	0,72	3,2	0,16	3180	2340	2000	1580
г. Гомель	1140	0,89	4,91	0,21	4920	3480	2910	2240
1877–2000 гг.								
г. Орша	836	0,42	0,94	0,11	1899	1605	1471	1277
г. Могилев	943	0,47	0,57	0,16	2037	1763	1641	1452
г. Речица	1850	0,59	1,13	0,15	5564	4492	3995	3287
1877–1965 гг.								
г. Орша	936	0,39	1,20	-0,18	2110	1800	1650	1440
г. Могилев	1060	0,43	0,80	0,01	2380	2060	1900	1670
г. Речица	2134	0,53	1,34	-0,09	5600	4650	4220	3590
1966–2000 гг.								
г. Орша	583	0,31	0,8	0,15	1130	994	931	838
г. Могилев	659	0,33	1,0	0,06	1330	1160	1080	961
г. Речица	1128	0,52	3,12	0,09	3310	2520	2230	1840



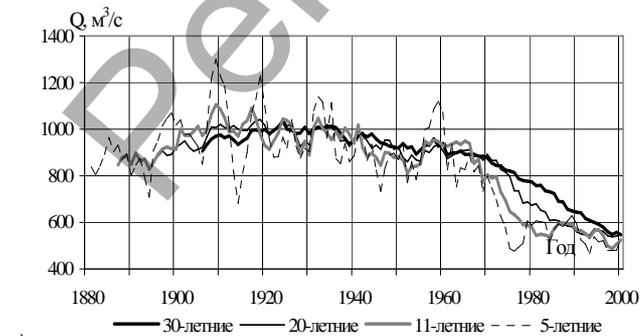
а)



г)



б)



в)

а) р. Неман – г. Гродно; б) р. Припять – г. Мозырь; в) р. Днепр – г. Орша; г) р. Днепр – г. Речица

Рис. 3. Динамика скользящих максимального стока различных периодов осреднения за 1877–2000 гг.

Для р. Припять – г. Мозырь, крайние значения $r(1)$ для 30-летнего осреднения составили 0,18 и -0,18, а для 20-летнего – 0,19 и -0,36, соответственно. Проверка гипотезы об однородности среднего и дисперсии 30-летних и 20-летних отрезков ряда показала, что, при доверительной вероятности 5 %, расхождения в оценках $r(1)$ и дисперсии могут быть статистически достоверными. Статистически различимыми являются крайние значения $Q^{(30)}$ (1920 и 1260 м³/с) и $Q^{(20)}$ (2340 и 1030 м³/с) [1].

При изучении закономерностей многолетних колебаний максимального стока интерес представляет совместный анализ динамики стока и обобщенных характеристик состояния атмосферы. В качестве последних обычно используется классификация Г. Вангенгейма – А. Гирса [2], основанная на трех формах циркуляции W (западной), E (восточной), C (меридиональной). Как видно из таблицы 7, размах колебаний средних значений максимальных расходов воды весеннего половодья существенен и крайние их значения статистически значимо больше/меньше средних значений за весь период наблюдений. Проверка на статистическую значимость крайних значений $r(1)$ для р. Неман – г. Гродно показала их недостоверность при 5 %-м уровне значимости, в то время как, средние значения расходов воды за периоды 1877–1890 гг. (1084 м³/с) и 1989–2000 гг. (515 м³/с) являются статистически различимыми. Аналогичная картина наблюдается для условий р. Припять – г. Мозырь.

Таблица 5. Выборочные оценки статистических параметров характерных 30-летних и 20-летних периодов максимального стока весеннего половодья

Река – створ	Период	$Q^{(30)}$, м ³ /с	$\sigma_w^{(30)}$, м ³ /с	$C_v^{(30)}$	$r(1)^{(30)}$	
1	2	3	4	5	6	
р. Неман – г. Гродно	1877–1906	956	465	0,50	0,18	
	1900–1929	846	296	0,36	-0,10	
	1911–1940	907	382	0,43	-0,01	
	1925–1954	951	411	0,44	-0,01	
	1929–1958	1047	605	0,59	-0,15	
	1947–1977	811	584	0,73	-0,18	
	1971–2000	584	303	0,53	0,02	
		$Q^{(20)}$, м ³ /с	$\sigma_w^{(20)}$, м ³ /с	$C_v^{(20)}$	$R(1)^{(20)}$	
	1877–1896	1002	517	0,53	0,19	
	1890–1909	839	275	0,34	-0,05	
	1905–1924	828	292	0,36	-0,08	
	1920–1939	937	411	0,45	-0,09	
	1935–1954	896	373	0,43	-0,07	
	1950–1969	934	644	0,71	-0,36	
	1965–1984	689	377	0,56	0,12	
	1981–2000	559	205	0,38	-0,33	
	1877–2000	850	464	0,55	0,03	
р. Припять – г. Мозырь	1877–1906	1920	1665	0,15	0,88	
	1900–1929	1600	737	-0,07	0,47	
	1911–1940	1840	1035	-0,12	0,57	
	1925–1954	1640	1086	0,075	0,68	
	1929–1958	1770	1188	0,00	0,68	
	1947–1977	1600	991	0,02	0,63	
	1971–2000	1260	894	0,12	0,72	
		$Q^{(20)}$, м ³ /с	$\sigma_w^{(20)}$, м ³ /с	$C_v^{(20)}$	$r(1)^{(20)}$	
	1877–1896	2340	1872	0,05	0,82	
	1890–1909	1620	1141	-0,03	0,72	
	1905–1924	1740	719	-0,03	0,43	
	1920–1939	1830	1061	-0,03	0,59	
	1935–1954	1410	933	0,02	0,68	
	1950–1969	1580	966	-0,17	0,63	
	1965–1984	1780	1036	0,05	0,60	
	1981–2000	1030	691	0,10	0,69	
	1877–2000	1670	1205	0,72	0,11	
р. Днепр – г. Орша	1877–1906	905	265	0,30	-0,09	
	1900–1929	1010	360	0,36	0,18	
	1911–1940	955	382	0,41	-0,31	
	1925–1954	893	367	0,42	-0,47	
	1929–1958	959	403	0,43	0,46	
	1947–1977	787	328	0,42	0,14	
	1971–2000	547	145	0,27	0,05	
		$Q^{(20)}$, м ³ /с	$\sigma_w^{(20)}$, м ³ /с	$C_v^{(20)}$	$r(1)^{(20)}$	
	1877–1896	885	289	0,33	-0,20	
	1890–1909	1010	339	0,34	0,40	
	1905–1924	1045	356	0,35	0,39	
	1920–1939	926	410	0,45	-0,47	
	1935–1954	869	277	0,33	-0,41	
	1950–1969	868	349	0,41	-0,44	
	1965–1984	609	169	0,28	0,18	
	1981–2000	552	155	0,29	0,10	
	1877–2000	836	346	0,42	0,10	

Анализ показал, что наибольшая величина максимального стока весеннего половодья наблюдается при меридиональной циркуляции атмосферы, за исключением водосбора р. Березина – г. Бобруйск (восточная циркуляция атмосферы). Осредненные характеристики параметров максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Беларуси приведены в таблице 8.

Анализ пространственной структуры изменения максимальных расходов воды весеннего половодья, выраженной в виде коэффициентов изменения стока, позволяет утверждать, что практически на всей территории Беларуси произошло изменение стока весеннего

половодья в сторону уменьшения. Исключение составляют реки бассейна Припяти на территории Брестской области, где существенного изменения максимальных расходов воды весеннего половодья не произошло (значения изменений колеблются от 0 до -10%). Наибольшее уменьшение стока весеннего половодья отмечается на реке Вилия Гродненской области (от -50 до -80%). Это вызвано переломной частью стока р. Вилия через Вилейско-Минскую водную систему в р. Свислочь. Среднее значение коэффициента изменения стока на территории Беларуси составило -0,425, т.е. максимальные расходы весеннего половодья уменьшились на 43 %.

Таблица 6. Статистическая значимость различий средних

Река – створ	Крайние значения $Q^{(30)}$		t	Крайние значения $Q^{(20)}$		t	Крайние значения $r(1)^{(30)}$		z	Крайние значения $r(1)^{(20)}$		z
	min	max		min	max		min	max		min	max	
Припять – г. Мозырь	1260	1920	-1,90	1030	2340	-2,85	0,47	0,88	3,18	0,43	0,82	2,03
Неман – г. Гродно	584	1047	-3,68	559	1002	-3,47	-0,18	0,18	1,34	-0,36	0,19	1,66
Днепр – г. Орша	547	1010	-6,39	552	1045	-5,53	-0,47	0,46	3,70	-0,47	0,40	2,72
Днепр – г. Речица	1020	2390	-6,18	995	2490	-4,98	-0,41	0,09	1,93	-0,46	0,15	1,89

Примечание: Теоретическое значение $z=1,96$; $t=2,00$ для 30-летнего периода осреднения и $t=2,02$ для 20-летнего периода осреднения

Таблица 7. Основные статистические параметры максимального стока крупных рек Беларуси

Река – створ	Период	n	Тип атмосферной циркуляции	Q , м ³ /с	σ_w , м ³ /с	C_v	$r(1)$
1	2	3	4	5	6	7	8
р. Неман – г. Гродно	1877–1890	14	C	1084	575	0,55	0,18
	1891–1928	38	W	818	292	0,36	-0,16
	1929–1939	11	E	1048	437	0,44	0,01
	1940–1948	9	C	1039	413	0,42	-0,06
	1949–1964	16	E+C	956	713	0,77	-0,33
	1965–1988	24	E	701	289	0,51	0,12
р. Припять – г. Мозырь	1877–1890	14	C	2470	1940	0,81	0,17
	1891–1928	38	W	1610	962	0,60	-0,11
	1929–1939	11	E	1890	1214	0,68	0,08
	1940–1948	9	C	1830	1128	0,66	0,53
	1949–1964	16	E+C	1440	1009	0,73	-0,18
	1965–1988	24	E	1630	772	0,63	0,18
р. Днепр – г. Орша	1877–1890	14	C	850	276	0,34	-0,48
	1891–1928	38	W	976	328	0,34	0,24
	1929–1939	11	E	979	460	0,49	-0,58
	1940–1948	9	C	921	285	0,33	0,05
	1949–1964	16	E+C	911	375	0,43	-0,46
	1965–1988	24	E	618	291	0,26	0,12
р. Днепр – г. Речица	1877–1890	14	C	2020	696	0,36	-0,37
	1891–1928	38	W	2250	1070	0,48	0,10
	1929–1939	11	E	2060	989	0,50	-0,38
	1940–1948	9	C	2300	880	0,41	-0,10
	1949–1964	16	E+C	1950	1270	0,67	-0,41
	1965–1988	24	E	1260	578	0,45	-0,03
1989–2000	12	W	892	589	0,38	-0,05	

Заключение. По результатам исследований выполнено физико-географическое районирование территории Беларуси по изменению градиента максимальных расходов воды весеннего половодья за период 1985 – 2000 гг. с выделением трех зон (рисунок 4). Критерием районирования является показатель среднееголетних изменений максимальных расходов. К первой (I) зоне относится территория с положительным значением градиента максимальных расходов a и с его величиной до -5 (л/с·км²)/10 лет (зона положительных и неустойчивых отрицательных трендов), ко второй (II) зоне – от -5 до -20 (л/с·км²)/10 лет (зона слабых отрицательных трендов), к третьей (III) – менее -20 (л/с·км²)/10 лет (зона отрицательных трендов).

Как видно из рисунка 4, первая зона (I) охватывает практически все реки Черноморского склона и часть бассейна реки Неман. Вторая (II) зона относится к северу страны (бассейн Западной Двины). На востоке и в центре страны (III), где скорость потепления климата выше, уменьшение градиента изменения максимальных расходов воды весеннего половодья наиболее значительно. Значения самих градиентов показаны в таблице 9.

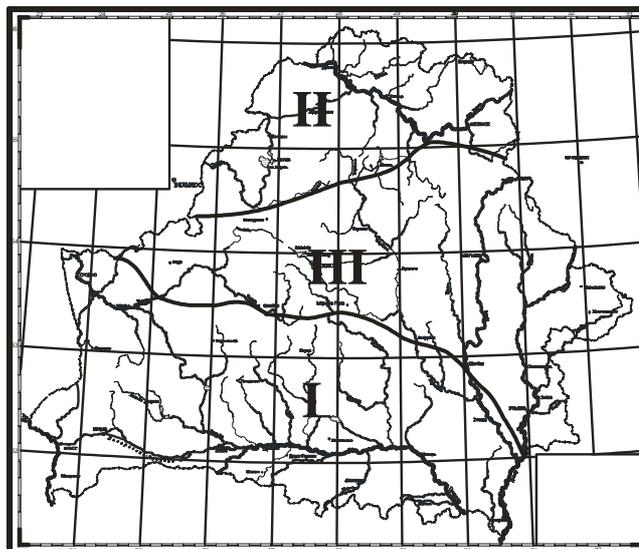


Рис. 4. Районирование максимальных расходов воды весеннего половодья, исходя из значений градиентов

Таблица 8. Параметры максимального стока рек Беларуси для различных форм циркуляции атмосферы

Река	Параметры	Формы циркуляции по Г.Я. Вангенгейму [2,3]			
		W	E	C	E+C
р. Неман – г. Гродно	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	667	875	1062	956
	$\sigma_w, \text{м}^3/\text{с}$	286	363	494	713
	C_v	0,40	0,48	0,49	0,77
	$r(1)$	-0,29	0,07	0,06	-0,33
р. Припять – г. Мозырь	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	1315	1760	2150	1440
	$\sigma_w, \text{м}^3/\text{с}$	875	993	1534	1009
	C_v	0,72	0,66	0,74	0,73
	$r(1)$	-0,03	0,13	0,35	-0,18
р. Днепр – г. Орша	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	749	799	886	911
	$\sigma_w, \text{м}^3/\text{с}$	310	376	281	375
	C_v	0,34	0,38	0,34	0,43
	$r(1)$	0,16	-0,23	-0,53	-0,46
р. Днепр – г. Речица	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	1571	1660	2160	1950
	$\sigma_w, \text{м}^3/\text{с}$	830	784	788	1270
	C_v	0,43	0,48	0,39	0,67
	$r(1)$	0,03	-0,21	-0,24	-0,41
Территория Беларуси	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	1039	1215	1451	1287
	$\sigma_w, \text{м}^3/\text{с}$	522	608	655	772
	C_v	0,46	0,50	0,46	0,64
	$r(1)$	-0,03	-0,06	-0,06	-0,37

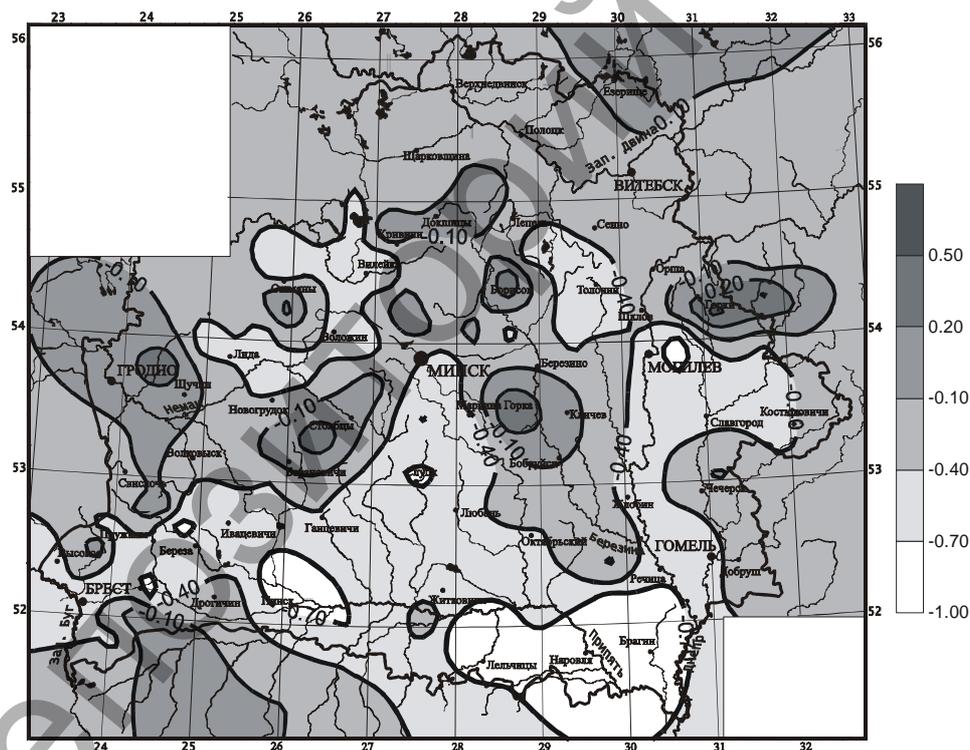


Рис. 5. Пространственная структура изменения разности максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси за период 1951–1984 гг. и 1985–2000 гг.

Анализ изменения градиента стока $(\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2)/10$ лет выполнен для средних месячных расходов воды в период с февраля по май с целью выявления трансформации максимальных расходов воды весеннего половодья во времени. Неизменной считается зона, где градиент колеблется от -2 до $+2$ $(\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2)/10$ лет, зона увеличения – градиент выше 2 $(\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2)/10$ лет, зона уменьшения включает в себя градиенты ниже -2 $(\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2)/10$ лет.

Анализ пространственной структуры изменения максимальных расходов воды весеннего половодья, судя по изменению коэффициентов стока (на рисунке 5 представлен в долях), позволяет утвер-

ждать, что практически на всей территории Беларуси произошло изменение стока весеннего половодья в сторону уменьшения. Однако встречаются небольшие «островки-водосборы», где произошло увеличение максимального стока, например, в районе Гродно, Горки, Марына Горка, Борисов. Данные территории имеют большую абсолютную отметку поверхности земли, следовательно, повышенное количество атмосферных осадков, в том числе, твердых. Наибольшее изменение произошло на юго-востоке страны в бассейне реки Припять и составило от $-0,40$ до $-1,00$ в долях от стока.

Таблица 9. Градиенты изменения максимальных расходов воды весеннего половодья по рекам Беларуси ((л/с·км²)/10 лет)

Река – створ	Значение градиента				максимальные расходы
	февраль	март	апрель	май	
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 – 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. 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. Андреевка	2,26	3,70	3,07	1,64	3,00
р. Словечна – с. Кузьмичи, выше впадения р. Батывля	2,68	9,65	2,60	0,58	10,92
р. Неман – г. Гродно	1,83	2,69	-2,46	-0,56	-4,01
р. Щара – г. Слоним	1,24	1,98	-1,90	-0,69	-2,88
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. В. Брагинка – с. Р. Журавлева	0,45	3,00	0,79	0,80	-3,56
р. Копаявка – 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. Рыта – 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. Вилия – с. Стешицы	2,87	2,66	-0,10	0,82	-9,95
р. Вилия – 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. Великие Яцыны	2,15	1,21	-1,71	-0,83	-6,60
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. 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. Ницца – 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. Ольшанка – с. Богданово	2,08	0,27	-3,14	-0,96	-251
р. Исlochь – с. Боровиковщина	2,18	1,44	-3,28	-2,18	-29,5
р. Вилия – г. Вилейка	0,18	2,47	0,26	-0,87	-128
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. Бобр – с. Куты	2,09	-0,43	-3,72	1,62	-72,4
р. Сож – г. Кричев	1,21	2,52	-2,20	-0,30	-22,2
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. 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. 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

Установленное уменьшение стока весеннего половодья вовсе не исключает возможностей формирования крупных наводнений, а следовательно, и значительного экономического ущерба. Поэтому дальнейшее изучение максимальных расходов воды рек важно с целью прогнозирования и районирования территории по степени затопления поймы половодьем различной обеспеченности. Пойма должна подразделяться на зоны риска в соответствии с содержанием карты паводкоопасных районов. На этой основе должна разраба-

тываться стратегия и государственная программа защиты территорий/угодий и страхования рисков от наводнений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Логинов, В.Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 244 с.
2. Вангенгейм, Г.Я. Каталог макросиноптических процессов. – Л.: АНИИ, 1964. – С. 9–11.

Материал поступил в редакцию 05.08.14

VOLCHAK A.A., VALUEV V.E., MESHK O.P., VOLCHAK AN.A., DASHKEVICH D.N. Flood rivers Belarusian Polesseye as abnormal climatic modern phenomenon

The article presents the results of a study maximum water flow of the rivers spring flood Belarusian Polesseye. A statistical analysis of the maximum water flow spring tide. A decrease in maximum water flow spring tide. Carried out a joint analysis of flow dynamics and the generalized characteristics of the state of the atmosphere. Achieved physiographic zoning Belarus Change gradient maximum water flow spring flood period 1985–2000 years.

УДК 551.5(476)

Шпока И.Н.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Введение. Метель - перенос снега над поверхностью земли ветром достаточной силы [1]. Метель становится опасным метеорологическим явлением тогда, когда скорость ветра усиливается до 15 м/с и более продолжительностью не менее 12 часов. Иногда метели могут приводить к чрезвычайным ситуациям, сопровождающимся полным прекращением движения транспорта [2]. В результате прохождения метелей на полях происходит перевевание снежного покрова, а как следствие, неравномерного залегания снега, на возвышенных участках могут вымерзнуть озимые посевы и многолетние травы, в низменных - вымокнуть.

Так, в результате прохождения циклона 20-21 ноября 2004 на юго-востоке Беларуси наблюдались сильные снегопады, метели, на дорогах снежные заносы. По данным метеостанции Бобруйск, а также гидрологических постов Климовичского, Житковичского и Лельчицкого районов за 12 часов выпало 20-30 мм осадков. В результате стихийного явления по Могилевской, Гомельской, востоку Минской и Витебской областей было затруднено движение автотранспорта. В Могилевской области 20 и 21 ноября отменялось более 100 рейсов пригородных маршрутов, и только 23 ноября было полностью восстановлено пригородное сообщение. Из-за усиления ветра до 19-24 м/с в отдельных хозяйствах были повреждены шиферные крыши сельскохозяйственных построек и жилых домов, отключалась подача электроэнергии [3].

Целью настоящей работы является анализ пространственно-временных изменений количества дней с метелями на территории Беларуси в современных условиях.

Исходные данные и методы исследования. Основными исходными материалами при исследовании пространственно-временной структуры количества дней с метелями Беларуси послужили среднемесячные данные по 45 метеостанциям за период с 1976 по 2012 гг., опубликованных в государственном кадастре по климату Департамента по гидрометеорологии республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Временная изменчивость количества дней с метелями определялась стандартными статистическими методами.

Среднее значение числа дней с метелями для выборочной совокупности данных (X_1, X_2, \dots, X_m) определяется по формуле:

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1)$$

Для получения обеспеченных величин числа дней с метелями использовано распределение Пирсона III типа:

$$N_{p\%} = \bar{N} \cdot (\Phi_{p\%} \cdot C_v + 1), \quad (2)$$

где $N_{p\%}$ – число дней с метелями расчетной обеспеченности; \bar{N} – среднее число дней с метелями; $\Phi_{p\%}$ – число Фостера расчетной обеспеченности; C_v – коэффициент вариации.

Коэффициент вариации:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{N}}. \quad (3)$$

Трансформация количества метелей оценивалась по результатам анализа графиков хронологического годового хода, разностных интервальных кривых и линейных трендов.

Линейные тренды, описывающие тенденции в изменении числа метелей в году, имеют вид:

$$N = N_0 + \Delta N \cdot t, \quad (4)$$

где N – количество дней с метелями в t -ом году; N_0 число дней с метелями на начало расчетного периода; ΔN – градиент изменения числа дней с метелями; t – текущая координата времени.

Пространственная изменчивость количества метелей оценивалась с помощью картографирования.

Обсуждение результатов. Наиболее благоприятные условия для развития метелей создаются в районах, где циклон приближается к продолжающему еще усиливаться антициклону или отрогу.

В Беларуси чаще всего (около 50 % от общего числа) возникают при перемещении циклонов и ложбин с запада на восток, около 25 % метелей связано с перемещением циклонов с северо-запада и севера на юг, около 25 % – с выходом южных циклонов к северу. Наиболее продолжительные метели тогда, когда образуются на периферии мощного стационарного антициклона [4]. Изменения направления воздушного потока или изменение его скорости связано с местными особенностями рельефа, гидрографией. Так, в долинах рек, вследствие