

OVERFLOWS AND FLOODS ABOVE FOR PRIPYAT' RIVER

Summary

In the paper the highest water level in the Pripyat' river in Belarus was analyzed. The period from the middle of the XIXth century to nowadays was evaluated. Impact of the critical level of water on agricultural environment and usage of cropland as well as the statistical analyses of fluctuations, changes the maximums overflowing of water, the highest spring water-level of rivers and periods of their occurrence were analyzed. Moreover the strategy of counteraction of flood and the reduction of damage were presented. The economical, social and ecological results of floods were determined.

Key words: river, water-levels, high waters, statistical analysis, counteractions for floods, Belarus

ПОЛОВОДЬЯ И ПАВОДКИ НА РЕКЕ ПРИПЯТЬ

Резюме

В публикации провели анализ наиболее высоких водных состояний у прибора воды на реке Припять (Беларусь). Анализа касается периода от половины XIX столетия к сегодня. Показали влияние критических уровней воды на сельскохозяйственную среду и использовать пашен. В статье познакомили статистический анализ колебаний и максимальных изменений пжепльвув воды, наиболее высоких весенних состояний реки и периодов их выступления. Познакомили стратегию противодействий с наводнениями и уцелить вред в их результате. Определили экономические, социальные и экологические последствия наводнения.

Ключевые слова: река, водные состояния, прибор вод, статистический анализ, противодействия наводнениям, Беларусь

WYLEWY I POWODZIE NA RZECIE PRYPEĆ

Streszczenie

W publikacji przeprowadzono analizę najwyższych stanów wodnych u przyborów wody na rzece Prypeć (Białoruś). Analiza dotyczy okresu od połowy XIX wieku do dzisiaj. Pokazano wpływ krytycznych poziomów wody na środowisko rolnicze i wykorzystanie użytków rolnych. W artykule przedstawiono statystyczną analizę wahań i zmian maksymalnych przepływów wody, najwyższych wiosennych stanów rzeki i okresów ich występowania. Przedstawiono strategię przeciwdziałania powodziom i ograniczenia szkód w ich wyniku. Określono ekonomiczne, socjalne i ekologiczne następstwa powodzi.

Słowa kluczowe: rzeka, stany wodne, przybory wód, analiza statystyczna, przeciwdziałania powodziom, Białoruś

1. Общая характеристика реки

Река Припять, является главной водной артерией Полесской низменности, протекает по Украине и Беларуси. Длина р. Припять 761 км, из которых 500 км приходится на территорию Беларуси, при этом площади водосбора соответственно распределены 121 и 52,7 тыс. км². Общее падение реки 69,5 м, средний уклон водной поверхности 0,09‰, коэффициент извилистости – 1,25. Общее направление течения реки широтное: с запада на восток. Долина Припяти четко не выражена, двусторонняя, низкая. Русло р. Припять в истоке канализированное, на остальном протяжении извилистое, слабо меандрирующее, разветвленное, изобилует заливами и примыкающими староречьями. Ширина русла в истоке 5–10 м, в среднем течении выше устья р. Горынь – до 80 м, ниже – от 130 до 170 м, а у г. Мозырь достигает 250 м. Глубина воды на

перекатах 1,0–1,5 м и меньше, а на плесах обычно более 1,5–2,0, достигая 3–5 м и больше. Скорости течения в меженный период колеблются в значительных пределах в зависимости от глубины участков реки от 0,1–0,2 до 0,3–0,5 м·с⁻¹ и более.

Речная сеть состоит из 10,5 тыс. рек и ручьев, включая водотоки длиной менее 10 км. Общая длина речной сети свыше 47 тыс. км. Ручьи составляют 93% от общего числа водотоков, и их суммарная длина равна почти 55% длины всей речной сети [9]. Поймы сильно заболоченные и заросшие древесной растительностью, а их ширина колеблется от сотен метров до 30 км. Долины рек плоские, сливающиеся с окружающей болотной местностью. Наиболее крупными левобережными притоками Припяти являются рр. Ясельда, Лань, Случь, Птичь, Пина, Бобрин, Цна, Иппа, а правобережными – рр. Стоход, Горынь, Ствига, Убороть, Словечна (рис. 1).

ризовался дружным развитием весенних процессов, обусловивших формирование высокого половодья. В 1952 г., наоборот, развитие весенних процессов происходило очень вяло, недружно. Несмотря на то, что запас воды в снеге был того же порядка, что в 1951 г., половодье сформировалось крайне низкое из-за

больших потерь талых вод на инфильтрацию. Большим потерям способствовала не только слабая интенсивность снеготаяния, но и создавшиеся благоприятные условия для просачивания талых вод, так как промерзания почвы происходило при весьма незначительной её увлажненности.

Таблица 1. Гидрографические характеристики основных рек бассейна Припяти
Table 1. Hydrographic Characteristics of the Main Rivers in the River Pripjat' Basin

Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Средний уклон реки, ‰	Средняя высота водосбора, м	Густота речной сети, км/км ²	Озерность, %	Заболоченность, %	Лесистость, %	Распаханность, %
Припять – с. Любязь	6100	0,20	170	–	< 1	16	26	20
Выжевка – устье (п)	1270	0,50	180	0,29	< 1	15	26	20
Турья – устье (п)	2800	0,70	170	0,29	< 1	10	20	30
Стоход – устье (п)	3150	0,40	170	0,28	< 1	6	34	20
Ясельда – устье (л)	7790	0,15	154	0,47	1	32	32	25
Стырь – госграница (п)	12370	0,40	210	0,27	< 1	5	24	–
Бобрик – устье (л)	1890	0,20	145	0,30	< 1	29	53	15
Цна – устье (л)	1130	0,30	153	0,46	< 1	15	59	15
Горынь – пгт Речица (п)	27000	0,36	233	0,45	< 1	6	21	–
Лань – устье (л)	2620	0,35	180	0,58	< 1	16	50	25
Случь – устье (л)	7530	0,24	160	0,51	1	15	55	30
Ствига – госграница (п)	2620	0,50	170	0,31	< 1	–	–	–
Уборть – устье (п)	5820	0,30	171	0,38	< 1	11	65	20
Птичь – устье (л)	9470	0,40	160	0,48	< 1	7	50	25
Вить – устье (л)	991	0,40	131	0,42	< 1	15	59	25
Словечна – устье (п)	3600	0,70	148	0,33	0	12	70	15
Уж – устье (п)	8080	0,50	170	0,31	< 1	4	27	–
Припять – устье	121000	0,09	179	0,42	< 1	16	26	25

Примечание: (л) левый приток; (п) – правый приток

Таблица 2. Характерные уровни воды для рек бассейна Припяти (по состоянию на 1.01.2001 г.)
Table 2. Water Levels Typical for Rivers of the River Pripjat' Basin (as of 01.01.2001)

Река – пост	Отметка «0» поста, м БС	Уровни, см/дата			
		средний	максимальный	минимальный	размах колебаний
Припять – с. Речица	148,90	273	<u>373</u> 11.03.1999	<u>183</u> 8-21.09.1964	190
Припять – с. Любязь	138,30	333	<u>383</u> 17-18.03.1999	<u>132</u> 15.08.1952	251
Припять – г. Пинск	133,18	118	<u>302</u> 29.03.1979	<u>1</u> 03-05.09.1992	301
Припять – с. Коробы	126,88	414	<u>486</u> 20.04.1958	<u>31</u> 10.08.1961	455
Припять – пгт Туров	121,77	320	<u>410</u> 02-04.04.1979	<u>-62</u> 12-13.08.1961	472
Припять – с. Черничи	119,23	356	<u>637</u> 21-22.03.1999	<u>110</u> 28-29.08.1992	527
Припять – г. Петриков	112,55	558	<u>933</u> 03-04.04.1979	<u>327</u> 16.08.1961	606
Припять – г. Мозырь	110,93	234	<u>742</u> 22-24.04.1895	<u>-5</u> 03-06.09.1992	747
Выжевка – с. Руда	178,18	123	<u>229</u> 6-7.04.1958	<u>прсх.</u> 1-16.10.1946	–
Выжевка – пгт Старая Выжевка	162,71	209	<u>344</u> 02.03.1967	<u>прсх.</u> 10-22.08.1947	–
Турья – с. Ягодное	179,86	214	<u>398</u> 05.04.1932	<u>167</u> 5-8.08.1994	231
Турья – г. Ковель	165,52	208	<u>389</u> 07.04.1958	<u>139</u> 19-20.08.1947	250

Река – пост	Отметка «0» поста, м БС	Уровни, см/дата			
		средний	максимальный	минимальный	размах колебаний
Стоход – с. Малиновка	174,17	168	<u>374</u> 15.03.1979	<u>99</u> 30-31.07.1972	275
Стоход – пгт Любешов	141,82	196	<u>298</u> –	<u>116</u> 30.07-8.08.1950	182
Пина – г. Пинск	133,18	175	<u>366</u> 01.04.1979	<u>25</u> 11.12.1995	341
Ясельда – с. Сенин	134,39	127	<u>247</u> 27.03.1999	<u>4</u> 03-05.11.1953	243
Стырь – с. Щуровцы	191,80	122	<u>293</u> 6.11.1974	<u>65</u> 15.11.1976	228
Стырь – г. Луцк	172,87	342	<u>715</u> 7-8.04.1932	<u>173</u> 13.08.1963	542
Стырь – пгт Колки	167,03	149	<u>395</u> 9.04.1956	<u>-15</u> 15.08.1963	410
Стырь – с. Млынок	146,93	141	<u>435</u> 10.04.1932	<u>116</u> 28-29.09.1950	319
Радоставка – с. Троица	200,91	136	<u>385</u> 21.06.1998	<u>72</u> 01.09.1976	313
Иква – с. Большие Млыновцы	223,28	42	<u>220</u> 8.04.1996	<u>6</u> 3-16.07.1985	214
Горынь – пгт Ямполь	238,45	489	<u>656</u> 25.03.1947	<u>298</u> 5-8.08.1994	358
Горынь – с. Оженин	185,07	91	<u>321</u> 24.03.1947	<u>7</u> 25.06.1986	314
Горынь – с. Деражное	162,00	192	<u>485</u> 8.04.1956	<u>34</u> 24.07.1959	451
Горынь – г. Дубровица	137,84	266	<u>598</u> 2.04.1924	<u>146</u> 20-21.08.1947	452
Горынь – п. Горынь	130,50	301	<u>635</u> 11.04.1956	<u>147</u> 27-30.07.1950	488
Устье – с. Корнин	183,80	115	<u>266</u> 8.04.1996	<u>63</u> 6.12.1986	203
Вырка – с. Сварыни	153,01	26	<u>211</u> 6.04.1996	<u>-21</u> 7-8.09.1987	232
Случь – с. Громада	223,82	90	<u>427</u> 6.04.1996	<u>5</u> 3.07.1900	422
Случь – с. Новоград-Волынский	186,42	174	<u>726</u> 17.04.1932	<u>90</u> 5-6.07.1936	636
Случь – г. Сарны	144,19	254	<u>620</u> 25.03.1979	<u>145</u> 9-11.08.1967	475
Тня – с. Броники	198,01	147	<u>506</u> 19.07.1948	<u>100</u> 7-28.09.1951	406
Смолка – с. Суслы	197,97	140	<u>510</u> 5.04.1962	<u>98</u> 20-27.07.1995	412
Льва – с. Осницк	164,92	72	<u>250</u> 17.02.1958	<u>27</u> 18-19.08.1972	223
Уборть – с. Рудня Ивановская	188,15	149	<u>365</u> 8.03.1999	<u>86</u> 18-19.07.1999	279
Уборть – с. Перга	155,40	175	<u>530</u> 08.04.1932	<u>91</u> 30.11.1934	439
Уборть – с. Краснобережье	126,26	159	<u>390</u> 11.04.1932	<u>48</u> 07-18.10.1939	342
Птичь – с. Лучицы	122,02	247	<u>395</u> 11.03.1999	<u>147</u> 11-12.08.1963	248
Уж – г. Коростень	157,53	149	<u>582</u> 08.04.1932	<u>92</u> 6.06.1946	490
Норин – с. Славенщина	126,20	206	<u>391</u> 10-11.03.1999	<u>114</u> 18-19.07.1989	277

Таблица 3. Площадь затопления поймы р. Припять
Table 3. Area under Water in the River Pripyat' Floodplain

Обеспеченность уровня, %	1	5	10	25	50
Площадь затопления, тыс. га	579	550	487	404	197

Дружность весеннего половодья рек бассейна Припяти оценивалась с помощью пространственных корреляционных функций. Теснота связи расходов воды весеннего половодья оценивалась коэффициентами корреляции (R), которые зависят от расстояния между центрами тяжести водосборов (ρ) и изменяются по линейному закону $R = 1 - 0,874 \cdot \rho$. Градиент поля расхода воды весеннего половодья рек бассейна Припяти $\alpha = 0,874$ свидетельствует о достаточно высокой синхронности половодья [6].

Начало весеннего половодья в Полесье приходится в среднем на первую декаду марта, хотя ранние сроки наступления половодья приходятся на первую декаду февраля, а поздние на первую декаду апреля. Пик половодья на преобладающем числе рек приходится на конец марта – начале апреля. На притоках по сравнению с Припятью несколько изменяются сроки начала половодья: на левобережных половодье наступает позже, на правобережных – раньше. Однако при затяжной весне возможно почти одновременное вскрытие рек в бассейне и тогда на Припяти наблюдаются высокие половодья. Подъем уровня воды зависит в первую очередь от водности, а также от строения речной долины или ее отдельного участка. Так, в верховье Припяти в условиях широкой и заболоченной поймы, в сочетании с небольшим нарастанием площади водосбора, как правило, приводит к образованию распластанных, слабо выраженных половодий, высота которых над предподъемным уровнем составляет в среднем 0,5 м. Продолжительность половодья в среднем составляет 40–60 дней, на заболоченных водосборах (рр. Ясельда, Бобрик) – 70–80 дней, а на Припяти – более 100 дней. Заканчивается половодье в среднем в последней декаде апреля, а на заболоченных водосборах (рр. Ясельда, Бобрик, Цна) в конце мая. На малых реках стояние воды на пойме в среднем 25–30 дней, на средних и больших – около 1,5–2 месяцев. На Припяти половодье заканчивается в среднем в начале июля, хотя может затягиваться и до начала августа.

Наиболее паводкоопасным районам является территория бассейна в среднем и нижнем течении р. Припять. Это обусловлено сужением поймы до 6–8 км в районе Турова и до 1,5–2,0 км в районе г. Мозырь, а также резким возрастанием боковой приточности. На этом участке впадают такие крупные притоки как р. Горынь (с площадью водосбора – 27000 км²), р. Случь (5350 км²), р. Уборть (5820 км²), р. Птичь (9480 км²).

В табл. 3 приведены расходы воды 10 наиболее значительных половодий на Припяти.

Максимальное значение стока весеннего половодья на Припяти отмечено в 1845 г. В этом году сформировалось чрезвычайно высокое весеннее половодье на большом пространстве Восточной Европы. В бассейне Припяти оно было столь катастрофическим, что его, вероятно, можно отнести к группе предельно возможных в нашу климатическую эпоху.

Половодье 1845 г. в бассейне Припяти – это уникальное гидрологическое явление весьма редкой повторяемости. Осеннее увлажнение в бассейне Припяти было значительным. Реки покрылись льдом при большой глубине воды и при обширных разливах в болотах и на прилегающих территориях. Зима в 1844 г. наступила необыкновенно рано. Ноябрь и декабрь,

а также февраль (1845 г.) отличались необыкновенным холодом и вся весна, до мая включительно, отмечалась постоянным холодом. При такой продолжительности эта зима отличалась обилием снега по всей территории Восточной Европы. Кроме того, существенное пополнение снегозапасов произошло во время февральской метели, которая продолжалась несколько дней и охватила большую территорию, особенно бассейн Припяти. Весна была поздняя, дружная, при этом развитие растительности в этом году опоздало почти на целый месяц. В апреле наступила теплая весна, при ясной погоде возросла дружность и интенсивность снеготаяния, что привело к стремительному росту водности рек. Вдобавок ко всему при сильном потеплении прошли дожди, которые усилили снеготаяние, что, вызвало формирование очень высоких уровней и резкое повышение стока воды на реках бассейна. Максимальный уровень 1845 г. превышал нуль графика современного гидропоста у г. Мозыря на 675 см, т. е. на 187 см превысил максимальный уровень 1932 года. При этом, расход воды, полученный косвенным способом Г. И. Швецом оценивается как 11000 м³·с⁻¹ при модуле стока 113 л·(с км²)⁻¹ [19]. Принимая во внимание высоту максимального уровня 1845 г., условия формирования половодья, а также выявленные данные за историческое время, можно допустить, что по меньшей с конца XIV в и до настоящего времени высота этого половодья является непревзойденной [19]. Максимальный уровень и расход Припяти в половодье 1845 г. приблизительно можно считать повторяющимися не чаще чем один раз в 800 лет.

Некоторой характеристикой половодья могут служить сведения о затоплениях и разрушениях в бассейне. В Мозырском уезде были затоплены села: Скрыгалов, Костюковичи, Мышенка, Жаховичи, Бесядка; разрушен Злодинский мост и несколько плотин; в м. Турове залиты все дома, а в селах Снядынь и Морозовино затоплены все поля, срубленный лес; в Речицком уезде Припять затопила села Ширейку, Гриды, Обуховщина, Тульговичи и др.; в Мозыре «Припять при необыкновенном возвышении воды залила пространство на 6 верст в ширину и все прибрежные дома и строения, так, что жители принуждены были убраться на возвышенные места» [10].

Второе по величине половодье наблюдалось в 1877 г. В этом году на огромной территории сформировалось высокое половодье, охватившее бассейны рек от Дуная и Немана до Иртыша. Значительным половодье было в бассейне Припяти. Максимальный уровень у г. Мозыря достигал 589 см, что на 86 см ниже максимального наблюдаемого уровня, максимальный расход при этом составил 7500 м³·с⁻¹.

В 1888 году большой разлив отмечен на р. Пина: «20 марта р. Пина выступила из берегов и затопила у г. Пинска дамбы вдоль города, железнодорожную ветвь и несколько домов» [ЦНИАЛ, ф. 174, оп. 1/5, д. 7918, л. 1-2].

Последнее выдающееся половодье наблюдалось на Припяти в 1979 г. К началу весеннего снеготаяния запасы воды в бассейне Припяти превышали норму 1,5 – 2 раза, что способствовало формированию очень высокого половодья на Припяти и ее притоках. Так в г. Мозырь наивысший уровень был 2% обеспеченности,

превысив средний за многолетний период на 2,26 м. Близкими к экстремальным за весь период наблюдений наивысшие уровни наблюдались на р. Горынь и ее притоке р. Случь. Половодье 1979 г. нанесло огромный ущерб народному хозяйству. Так были затоплены населенные пункты: Стахово, Березцы, Осово, Дворщице, Гольцы, Коробы, Плотница, Терebenь, Туров, Рычев, Староженцы, Семурадцы, Хлупин, Борки, Багримовичи, Беседки, Снядин, Белегы, Озерки и др. (всего 37 населенных пунктов). Несколько домов было затоплено в Пинске. В бассейне р. Горынь были

затоплены: населенные пункты Воронки, Рубель, Речица, Хоромск, Ольнень и др. [8].

Полная картина наводнений с их градацией представлена в табл. 5.

В табл. 6 приведены максимально опасные уровни воды весеннего половодья за период наблюдений на реках бассейна Припяти [17].

В табл. 7 приведены средние и экстремальные сроки и продолжительность стояния критических горизонтов воды, определяющих сельскохозяйственное использование пойменных земель [17].

Таблица 4. Максимальные расходы воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь и их обеспеченности

Table 4. Maximum Water Discharge in Spring-Flood Period at the River Pripyat' – tn. Mozyr' Section and their Probabilities

Годы	1845	1877	1895	1888	1889	1940	1979	1932	1970	1958
$Q, \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	11000	7500	5670	5100	4700	4520	4310	4220	4140	4010
$P, \%$	0,8	1,6	2,3	3,1	3,9	4,7	5,4	6,2	7,0	7,6

Таблица 5. Годы с наводнением различной градации в период весеннего половодья

Table 5. Years with Spring-Flood Inundations of Different Scales

Река-пост	Характеристика наводнения		
	катастрофическое $P < 1\%$	выдающееся $P = 1-2\%$	большое $P = 3-10\%$
Припять – г. Пинск	-	1979	1999
Припять – с. Коробы	-	1958	1957, 1966, 1979
Припять – г.п. Туров	-	1979	1932, 1940, 1956, 1958, 1970
Припять – с. Чернички	-	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

Таблица 6. Максимальные опасные уровни воды весеннего половодья на р. Припять и ее притоках за период наблюдений

Table 6. Maximum Hazardous Water Levels of Spring Floods on the River Pripyat' and its Tributaries for the Period of Records

Река – пост	Уровни, см			
	опасные высокие, (обеспеченность, %)	максимальные, (обеспеченность, %)/ дата	максимальные ледохода/ дата	наибольшая продолжительность, сутки/ год
Припять – г. Пинск	250 (43)	302 (1) 29.03.1979	302 29.03.1979	50 1980, 1981
Припять – с. Коробы	420 (40)	486 (2) 20.04.1958	460 31.03.1979	32 1979
Припять – г.п. Туров	340 (22)	410 (1) 02-03.04.1979	405 31.03.1979	28 1979
Припять – с. Чернички	520 (57)	637 (2) 21-22.03.1979	637 21-22.03.1999	46 1999
Припять – г. Петриков	800 (45)	933 (1) 03-04.04.1979	924 01.04.1979	40 1999
Припять – г. Мозырь	550 (30)	742 (1) 22-24.04.1995	670 21.04.1931	31 1941
Пина – г. Пинск	335 (8)	366 (2) 01.04.1979	347 29.03.1979	12 1979
Ясельда – с. Сенин	195 (37)	247 (0,9) 27.03.1999	234 06-12.03.1999	127 1999
Горынь – г. Речица	530 (52)	635 (2) 11.04.1956	635 11.04.1956	26 1979

Таблица 7. Сроки и продолжительность стояния критических горизонтов воды
Table 7. Stand Terms and Duration of Critical Water Horizons

Река – пункт	Отметка выхода воды на пойму	Расчетные уровни воды, м	Процент лет с наблюдавшимся уровнем	Даты начала стояния уровней			Даты конца стояния уровней			Продолжительность стояния уровней воды, дни		
				ранние	средние	поздние	ранние	средние	поздние	наибольшая	средняя	наименьшая
Припять – с. Большие Диковичи	136,79	136,51	90	20.02	26.03	25.04	26.03	4.05	16.06	101	47	7
		136,87	67	9.03	3.04	16.04	11.04	25.04	1.06	77	27	1
		137,23	20	7.04	11.04	16.04	15.04	21.04	29.04	14	10	9
Припять – г. Пинск	135,30	134,73	96	7.02	11.03	6.04	15.04	14.07	31.10	245	125	2
		135,16	89	10.02	12.03	6.04	14.03	6.06	31.10	245	87	1
		135,60	69	22.02	26.03	23.04	23.03	5.05	23.06	173	41	4
		136,00	33	4.03	28.03	16.04	13.03	17.04	11.05	39	20	7
Припять – с. Коробы	130,68	130,50	80	3.02	26.03	14.04	3.04	13.05	10.07	116	61	8
		130,96	50	11.02	11.03	17.04	25.02	15.04	19.05	69	27	3
		131,44	14	12.03	9.04	20.04	14.03	17.04	29.04	15	8	3
Припять – г. Туров	123,77	123,67	93	10.02	16.03	23.04	8.04	10.06	22.08	161	86	20
		124,17	91	15.02	21.03	16.04	18.03	22.05	12.07	146	62	20
		124,67	77	3.03	30.03	25.04	24.03	27.04	30.05	75	29	4
		125,17	21	4.03	1.04	16.04	20.03	18.04	6.05	26	18	10
Припять – г. Петриков	119,11	118,81	86	2.02	23.04	22.04	21.03	20.05	20.07	142	61	37
		119,41	81	5.02	28.03	27.04	12.03	28.04	18.06	82	35	1
		120,01	56	11.02	1.04	25.04	28.02	23.04	14.05	42	22	3
		120,61	21	6.03	7.04	19.03	21.03	19.04	3.05	20	15	4
Ясельда – с. Сенин	135,76	136,20	32	22.03	5.04	6.05	5.042	21.04	23.05	49	21	4
		136,30	10	15.04	17.04	19.04	4.04	30.04	5.05	21	15	6
Бобринь – ст. Парахонск	134,80	135,00	30	27.03	5.04	17.04	1.04	16.04	29.04	20	12	4
		135,20	7	12.04	14.04	15.04	20.04	20.04	20.04	9	8	6
Горынь – г. п. Речица	134,60	134,60	100	5.02	23.03	13.04	1.03	24.04	5.06	89	42	2
		135,81	53	5.02	27.03	9.04	7.02	22.04	2.06	19	9	2
		136,10	22	27.02	28.03	10.04	4.03	31.03	20.04	11	5	1
Горынь – г. Давид-Городок	129,59	130,15	100	15.02	25.03	17.04	6.03	24.04	31.05	81	28	6
		130,62	58	17.03	1.04	11.04	19.03	7.04	24.04	14	6	1

3. Паводки

Вторым по значению, после половодья, опасным гидрологическим явлением, приносящим огромные бедствия в виде разрушения сооружений, затопления населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий, уносящим человеческие жизни являются дождевые паводки.

Максимальные расходы дождевых паводков формируются, как правило, обложными дождями, так как ливни не охватывают одновременно всю территорию водосбора. Даже средних рек, не говоря уже о бассейне Припяти.

Паводки, в отличие от половодий, возникают нерегулярно и по величине максимального расхода и слою стока паводки, как правило, существенно меньше максимумов половодья. Однако дождевые паводки 1952, 1960, 1974, 1993, 1998 гг. по многим водотокам и створам на самой Припяти превысили половодье и нанесли значительный ущерб народному хозяйству, т.к. серьезно пострадали сельскохозяйственные угодий и другие освоенные территории. Даже локальные паводки значительной интенсивности на левобережных или правобережных притоках способны вызвать значительные подъемы уровня в нижнем течении Припяти, обусловленные продвижением вниз паводочной волны. Высота паводков в среднем и нижнем течении Припяти достигает 2,0–3,5 м над предподъемным уровнем

В связи с изменением климата, начиная с 1988 г. на реках участились случаи, когда высший уровень за год наблюдался не в период весеннего половодья, а в период летних и чаще зимних паводков. Так, например, на посту р. Припять – г. Мозырь из 118 лет наблюдений отмечено 19 случаев, когда высший годовой уровень был отмечен не в период весеннего половодья, а в период летних и зимних паводков, и из них 9 отмечены в последние 13 лет. В наиболее дождевые годы (1908, 1917, 1927, 1928, 1923, 1952, 1979) на реках Полесья проходило 3–4 паводка в сезон. Средняя продолжительность летних паводков около 15 дней.

Приведем некоторые выдержки из архивных материалов, свидетельствующие о выдающихся паводках на Полесье.

Летом 1255 года татары не смогли овладеть Луцком (на р. Стырь в бассейне Припяти), ибо «вода в Стыре была велика» [19]. Поэтому лето можно считать многоводным.

Год 1606 «вельми дивный был, а то в том, иж вода все лета так была велика, яко праве весне, не только летом, но и о запустах Филиновых (конец ноября): раз упадет, потом прибудет, из берегов выливаясь».

В бассейне Припяти в 1608 году «лето было мокрое, поводи были частые, мало хто при реках великих сена косил, бо и до восени поводки великие были».

Сильный неурожай 1663 года на территории от р. Вислы до р. Случи (приток Припяти) [4] был вызван частыми дождями, так как к водотоку от р. Случи был обильный урожай.

1818 год «От непрестанно шедших дождей еще в половине июля месяца р. Случь выступила из берегов... Прибыль в этой реке воды в августе сделалась столь сильная и нечаянная, что ею не только снесло многие плотины и повредило мельницы, но причинено еще большие опустошения посеянной жатве, ибо скошенное сено и сжатый хлеб или разнесены или сгнили» [ЦГИАЛ, ф. 446, от 13, д. 3, л. 512].

В табл. 8 приведены максимально опасные уровни паводков на р. Припять за период инструментальных наблюдений.

Годы с выдающимися паводками приведены в табл. 9.

Высокие летне-осенние паводки, приносящие наиболее существенный ущерб сельскому хозяйству и другим отраслям народного хозяйства, за последние 50 лет наблюдаются 1 раз в 4–6 лет. Наиболее ярким паводком последних лет является паводок 1993 г.

Во второй и третьей декадах июля 1993 г. в ряде районов Брестской, Гомельской и Минской областях выпало 2,5...3 месячных норм осадков. Особенно дождливыми были вторая декада июля на территории Случского и Любанского районов Минской области и

третья декада в Столинском районе Брестской области. Здесь декадные суммы осадков наблюдались в размере 5...6 декадных норм. Наиболее неблагоприятная обстановка сложилась в Житковичском и Столинском районах, так как повышенное количество осадков выпало и в июне (около 1,5–2 месячных норм), а в июле осадки наблюдались в виде ливней редкой повторяемости. Суточный максимум 23 июля в Житковичском районе составил 57 мм, а в Столинском 115 мм. Следует отметить, что за сутки 24 июля на территории Столинского района выпало 67 мм. Такого количества осадков не было за весь период наблюдений.

В результате выпадения катастрофических осадков произошло переувлажнение корнеобитаемого слоя почвы и сформировался дождевой паводок на реках юга Беларуси. На условия формирования дождевого

паводка оказали влияние и большие суммы осадков, выпавшие в Житомирской и Ровенской областях Украины. Начало подъема уровней воды на р. Припять и её притоках отмечается 12–15 июля.

Максимальные уровни дождевого паводка на малых реках сформировались уже 28–30 июля, на р. Горыни – 31 июля, а на р. Припять в середине августа. Наиболее высокие паводки сформировались на малых водотоках Столинского района и в бассейнах рек Горыни и Ствига. По своей величине они сопоставимы с максимальными уровнями весеннего половодья редкой повторяемости. Превышение максимальных уровней дождевого паводка над меженными для р. Припять составило около 3 м, а на р. Горынь – 3,4 м, на малых водотоках 2,0...2,5 м.

Таблица 8. Максимально опасные уровни воды паводков на реках за период наблюдений

Table 8. Extremely Dangerous Freshet Maxima in Rivers for the Period of Records

Река – пост	Уровни, см					
	зимнего паводка			дождевого паводка		
	максимальные	дата	обеспеченность, %	максимальные	дата	Обеспеченность, %
Припять – г. Пинск	284	15.01.1981	1	–	–	–
Припять – с. Коробы	431	08.01.1975	2	439	19–23.11.1993	2
Припять – г.п. Туров	–	–	–	–	–	–
Припять – с. Черничи	–	–	–	520	08–11. 08.1993	4
Припять – г. Петриков	826	12–13.1.1981	1	829	02, 05.05.1975	2
Припять – г. Мозырь	–	–	–	–	–	–
Пина – г. Пинск	–	–	–	–	–	–
Ясельда – г. Сенин	221	19.12.1980	2	203	30.11–17.12 1990, 1995	1
Горынь – г. п. Речица	550	29.01.1948	2	567	31.07.1993	3

Таблица 9. Годы с паводками различной градации

Table 9. Years of Freshets of Various Gradation

Река – пост	Характеристика паводка			
	зимний		летний	
	выдающийся P = 1 – 2 %	большой P = 3 – 10 %	выдающийся P = 1 – 2 %	большой P = 3 – 10 %
Припять – г. Пинск	1980–81	1979–80 1992–93 1993–94 1997–98 1998–99	–	–
Припять – с. Коробы	1974–75	1947–48 1980–81	1974	–
Припять – г.п. Туров	–	–	–	–
Припять – с. Черничи	–	–	–	1993
Припять – г. Петриков	1980–81	1947–48 1974–75 1981–82	1974, 1975	1993
Припять – г. Мозырь	–	–	–	–
Пина – г. Пинск	–	–	–	–
Ясельда – г. Сенин	1980–81 1998–99	1970–71 1974–75 1988–89 1990–91 1997–98	1990	1974, 1980, 1988, 1998
Горынь – г. п. Речица	–	1947–48 1981–82 1997–98	–	1948, 1969, 1974, 1975, 1977, 1988, 1993, 1998

Такие подъёмы уровней вызвали подтопление и затопление значительных территорий. Гидрологическая обстановка усложнилась тем, что паводок сформировался в период наибольшей зарастаемости травяной и кустарниковой растительностью русел и пойм рек. Повышенная шероховатость русел и пойм водотоков вызвала не только высокий подъём уровней воды, но и существенно замедлила их спад в августе.

На самой Припяти за счёт поступления воды с притоков повышение уровней продолжалось до середины августа. Синхронность прохождения паводка на левобережных (Цна, Лань, Случь, Птичь) и правобережных (Горынь, Ствига, Уборть) притоках определила развитие значительного паводка в нижнем течении Припяти, соответствующего 2% вероятности превышения.

На участке Туров – Мозырь вода находилась на пойме до начала сентября.

В июне – июле 1998 года в районах Полесья выпало до 2–3 норм месячных атмосферных осадков. Особенно дождливыми были вторые декады июня и июля, где выпало до 140 мм при норме 25–30 мм. В отдельные дни выпадало до 60 мм атмосферных осадков. По состоянию на 3 августа 1998 г. на рр. Припять, Случь, Птичь наблюдался интенсивный рост уровней воды. По данным наблюдений на гидропосту р. Припять – г.п. Туров такие максимальные уровни воды дождевых паводков наблюдались раз в 20 лет. Паводковая ситуация лета 1998 г. во многом повторяет ситуацию 1993 г.

4. Колебания и изменения максимальных расходов воды весеннего половодья

Любая природная система, в том числе и речная экосистема, устойчиво функционирует когда количественные характеристики ее колеблются около неко-

торых средних многолетних значений. При отклонении от средних величин в ту или иную сторону экосистема испытывает определенный стресс и стремится вернуться в исходное равновесное состояние. В настоящее время вследствие природных и антропогенных воздействий наблюдается трансформация климата, что не может не сказаться на речном стоке. В табл. 9 приведены 10 экстремальных лет и расходов воды для характерных периодов года по р. Припять – г. Мозырь за период инструментальных наблюдений. Как видно из табл. 9 наиболее изменчивым является весеннее половодье. Во время весенних разливов происходит увлажнение поймы и обогащение ее питательными веществами, что является важным фактором в функционировании речной экосистемы. Поэтому отсутствие или незначительные разливы рек в период весеннего половодья, вызванные как природными колебаниями (маловодные годы), так и антропогенными воздействиями (обвалование реки) негативно сказываются на функционировании речных экосистем. Однако при превышении некоторой критической величины, половодье перерастает в наводнение, что может в ряде случаев привести к экологическим и экономическим катастрофам.

Как показали исследования, изменения стока рек бассейна Припяти под воздействием природных изменений (потепление климата) и антропогенных воздействий (крупномасштабные мелиоративные изменения) имеют следующие тенденции. Начиная с середины 60-х годов прошлого столетия среднегодовые и минимальные расходы воды имеют устойчивую тенденцию к увеличению, в тоже время максимальные расходы воды весеннего половодья несколько уменьшаются, что подтверждают нормированные разностные интегральные кривые р. Припять – г. Мозырь, представленные на рис. 2.

Таблица 10. Годы и экстремальные расходы ($m^3 \cdot c^{-1}$) воды р. Припять – г. Мозырь за период инструментальных наблюдений

Table 10. Years and Extreme Water Runoff Values (in $m^3 \cdot s^{-1}$) as Registered at the Pripjat' – tn. Mozyr' throughout the Period of Instrumental Observations

Среднегодовые				Максимальные весеннего половодья				Минимальные летне-осенние		Минимальные зимние	
максимальные		минимальные		максимальные		минимальные		Годы	Q	Годы	Q
Годы	Q	Годы	Q	Годы	Q	Годы	Q				
1998	725	1954	142	1845	11000	1954	306	1939	58,7	1922	22,0
1970	708	1921	166	1877	7500	1984	383	1951	63,4	1921	37,5
1999	690	1901	172	1895	5670	1952	411	1950	63,9	1912	40,0
1958	643	1952	172	1888	5100	1925	423	1952	65,0	1893	43,2
1975	640	1925	191	1889	4700	1901	429	1946	68,0	1916	44,1
1913	636	1904	208	1940	4520	1997	458	1921	68,4	1962	46,2
1923	596	1964	216	1979	4310	1921	477	1961	70,0	1954	46,4
1993	590	1984	218	1932	4220	1930	477	1947	72,0	1908	47,4
1981	588	1950	219	1970	4140	1904	484	1937	74,4	1947	48,6
1931	582	1939	230	1958	4010	1943	510	1992	76,5	1889	55,2
Q _{ср.*} =389; Cv=0,32; Cs=0,60				Q _{ср.} =1830; Cv=0,89; Cs=4,0				Q _{ср.} =154; Cv=0,50; Cs=2,0		Q _{ср.} =147; Cv=0,73; Cs=3,0	

Примечание. Статистические параметры приведены за весь период инструментальных наблюдений

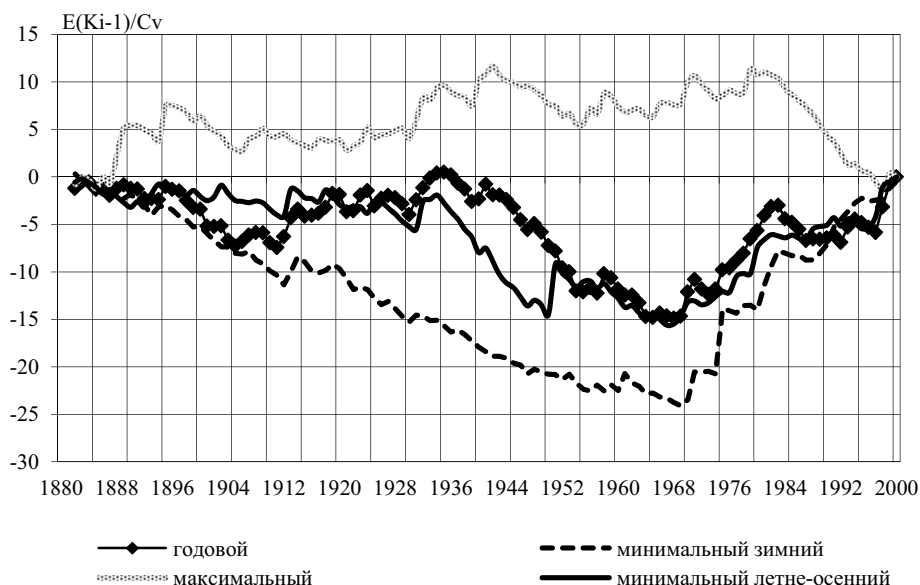


Рис. 2. Нормированные разностные интегральные кривые годовых расходов воды, весеннего половодья, минимального зимнего и минимального летне-осеннего расходов воды р. Припять – г. Мозырь
 Fig. 2. Normalized difference-integral curves of annual runoffs, spring floods, winter and summer-autumn minima at the River Pripyat' – tn. Mozyr' Section

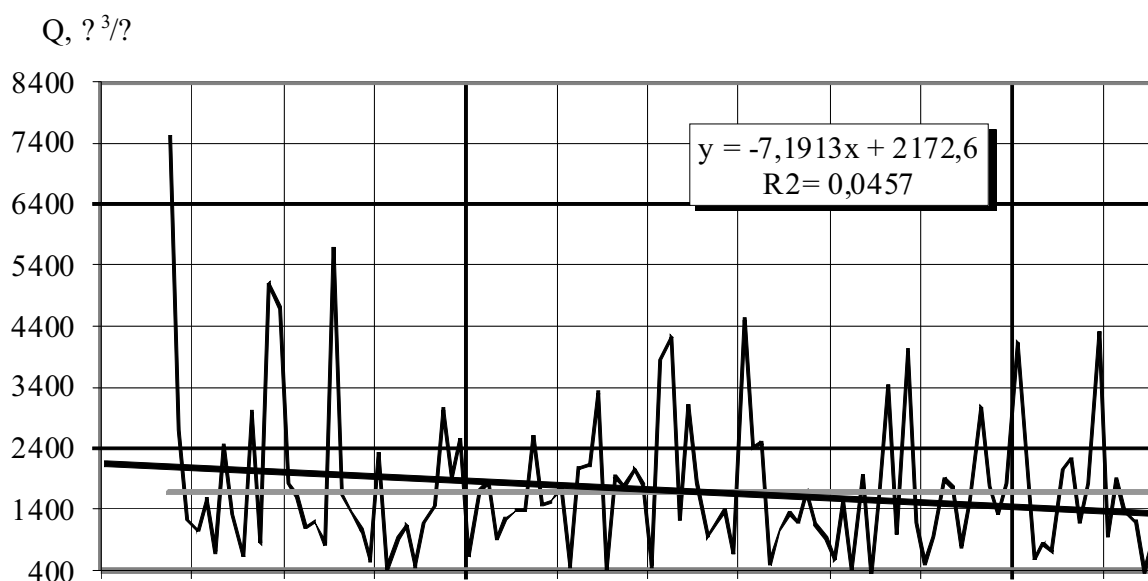


Рис. 3. Хронологический ход максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь за период инструментальных наблюдений
 Fig. 3. Chronological trend of maximum runoffs during spring floods at the Pripyat' – tn. Mozyr' section for the period of instrumental observations

Таблица 11. Основные статистические параметры максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь
 Table 11. Basic Statistical Parameters of Maximum Runoff during Spring Floods at the Pripyat' – tn. Mozyr' Section

Период	Количество лет наблюдений, n	Среднегодовое количество летний расход, $Q, \text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	Средне-квадратичное отклонение, $\sigma_w, \text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	Коэффициент вариации, C_v	Коэффициент корреляции стока смежных лет, $r(1)$
1877–1965	89	1770	1205	0,72	0,06
1966–2000	35	1430	1004	0,72	0,23

Заметное снижение максимальных расходов воды весеннего половодья в конце XX века вызвано увеличением количества оттепелей зимой, во время которых значительные снежные запасы трансформируются в сток зимней межени. Это вызывает увеличение зимнего стока, а порой приводит к зимним паводкам и снижает максимальные расходы весной. На рис. 3 представлен хронологический ход максимальных расходов воды весеннего половодья за инструментальный период наблюдения.

В последние годы прошлого века максимальные расходы воды весеннего половодья были ниже среднего. Для оценки влияния крупномасштабных мелиораций на изменение стока весеннего половодья выполнен сравнительный анализ различий в основных статистических характеристиках за два периода: с начала наблюдений по 1965 год (начало крупномасштабных осушительных мелиораций) и с 1966 г. по настоящее время (табл. 11).

Проверка статистической значимости расхождения средних величин максимальных расходов воды за рассматриваемые периоды показала, что различия в средних могут быть признаны статистически достоверными на 5% уровне значимости.

Оценка цикличности во временных рядах максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь осуществлялась на основе спектрально-временного анализа (СВАН) с длиной окна 35 лет, а также параметра хаотизации (рис. 4). Анализ

СВАН-диаграмм показал, что для р. Припять – г. Мозырь характерны следующие непродолжительные циклы длительностью около 2 (1910–1946 гг.), 3 (1930–1962 гг.), 4 (1910–1980 гг.), 6 (1900–1910 гг.), 8 лет (1916–1942 гг.), а также мощные циклы – 20 (1936–1978 гг.), 33 лет (1928–1976 гг.).

Для временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь в начале 60-х гг. отмечается спад параметра хаотизации до 0,28, а затем постепенный подъем до 0,72. В 1949 г. произошел скачок до 0,9. В основном размах колебаний от 0,4 до 0,8 для максимального стока. В 1900–1920 гг. параметр снизился до 0,33 и для минимального стока, затем происходит рост, размах колебаний от 0,4 до 0,7. В последние годы XX века наблюдается рост этого параметра.

При изучении закономерностей многолетних колебаний речного стока несомненный интерес представляет совместный анализ динамики стока и обобщенных характеристик атмосферы. В качестве последних обычно используется классификация Г. Вангенгейма – А. Гирса, основанная на трех формах циркуляции W (западной), E (восточной), C (меридиональной). Для р. Припять – г. Мозырь крайние значения $R(1)$ статистически незначимы при 5%-ом уровне значимости, в то время как средние значения расходов воды за периоды 1877 – 1890 гг. ($2470 \text{ м}^3/\text{с}$) и 1989–2000 гг. ($1020 \text{ м}^3/\text{с}$) являются статистически различимыми (табл. 12).

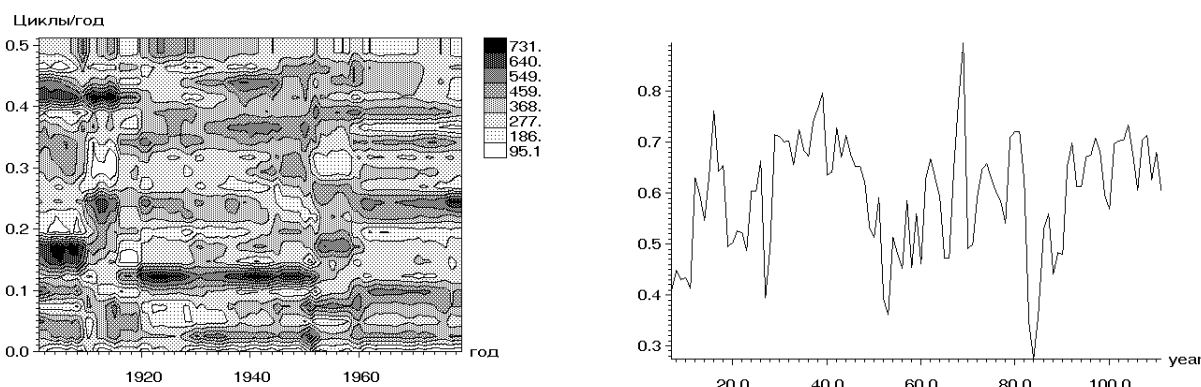


Рис. 4. СВАН-диаграммы (а) и распределение параметра хаотизации (б) максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь

Fig. 4. STA-diagram (a) and chaotization parameter distribution of water discharge maxima during spring floods at the River Pripyat' – tn. Mozyr' Section Cycles/year

Таблица 12. Основные статистические параметры максимального стока р. Припять – г. Мозырь для различных периодов осреднения

Table 12. Basic Statistical Parameters of Maximum Discharge at the Pripyat' – tn. Mozyr' Section for Different Periods of Averaging

Период	n	Тип атмосферной циркуляции	$Q, \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	$\sigma_w, \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	C_v	$r(1)$
1877–1890	14	C	2470	1940	0,17	0,81
1891–1928	38	W	1610	962	0,11	0,60
1929–1939	11	E	1890	1214	0,08	0,68
1940–1948	9	C	1830	1128	0,53	0,66
1949–1964	16	E+C	1440	1009	0,18	0,73
1965–1988	24	E	1630	772	0,18	0,63
1989–2000	12	W	1020	788	0,06	0,84

Можно предположить, что основная причина, вызвавшая уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья рек бассейна Припяти носит природный характер и в меньшей степени связана с антропогенными воздействиями. С другой стороны, крупномасштабные мелиорации в Полесье привели к осушению больших болотных массивов, сведению кустарников и мелколесья и трансформации этих угодий в сельскохозяйственные, что должно неизменно привести к более высокому половодью. Таким образом, можно предположить, что в бассейне р. Припять произошла компенсация двух разнонаправленных векторов. Тем не менее, преобладающими являются природные факторы, вызванные глобальными колебаниями гидротермического режима. Можно выдвинуть гипотезу о том, что при отсутствии мелиораций в Полесье могло произойти еще большее уменьшение стока, которое негативно отразилось бы на речных экосистемах.

Выполненные исследования показали, что на территории Полесья в конце XX и начале XXI в. наблюдается повсеместное уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья до 40%. При этом происходит смещение начала половодья на более ранние сроки. Так, наблюдается увеличение среднемесячных расходов воды в феврале в среднем на 40%, а в марте – на 30%. В то же время имеет место уменьшение месячных расходов в апреле и мае на 20%. Данные трансформации в основном вызваны глобальными колебаниями климата, в частности наблюдаемым потеплением, начатым в середине 80-х годов прошлого столетия. Кроме того, имеет место, хотя и в меньшей степени, антропогенное воздействие на сток, которое выражено в локальных изменениях максимальных расходов воды весеннего половодья.

Проведенная оценка степени однородности основных статистических характеристик максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь более чем за 100-летний период позволяет сделать вывод о наличии статистически значимых изменений в динамике максимального стока, которые обусловлены как естественно-климатическими, так и антропогенными изменениями гидрологического цикла. Стационарность процесса многолетних колебаний максимального стока можно отмечать лишь на отдельных отрезках временного ряда. При анализе закономерностей многолетних колебаний максимального стока рек использование методов теории случайных процессов должно сочетаться с анализом генезиса рассматриваемого процесса и определяющих его природно-хозяйственных факторов, прежде всего климатических.

4. Стратегия защиты и снижение ущербов от наводнений

Повышенная вероятность половодий и паводков, особенно катастрофических, тяжёлые экономические и социальные их последствия дают основания относить значительную часть Полесья к территории с часто повторяющимися чрезвычайными ситуациями.

По числу жертв и ущербу, причинённому обществу, наводнения занимают первое место среди стихийных бедствий. Поэтому защита территорий от наводнений

является не только одной из самых актуальных задач комплексного использования и охраны природных ресурсов, но и важнейшей социально-экономической и хозяйственной проблемой.

Наиболее паводкоопасным районам Беларуси является территория в среднем и нижнем течении р. Припять. Это обусловлено сужением поймы до 6 – 8 км в районе Турова и до 1,5 – 2 км в районе г. Мозырь, а также резким возрастанием боковой приточности. На этом участке впадают такие крупные притоки как р. Горынь, Случь, Уборть, Птичь.

Размер ущерба от наводнений зависит от целого ряда причин, таких как высота и продолжительность стояния опасных уровней воды, площадь затопления, время года, в которое наблюдается наводнение, своевременность и точность прогноза наводнения, а также от организационных мероприятий, выполненных для предотвращения наводнения или уменьшения его неблагоприятных последствий. Немаловажное значение в определении объема суммарного ущерба имеют плотность населения, плотность и время застройки и т. д. Очевидно, что чем плотнее застройка, тем при прочих равных условиях больше ущерб в пересчете на один гектар затопленной площади.

Причины, вызывающие наводнения, многообразны. Это прежде всего сезонное таяние снега, накопленного в предшествующий сезон года, выпадение обильных жидких осадков, сильный ветер, ледовые и нагонные явления и др.

Все наводнения, несмотря на многообразие вызывающих их причин, могут быть объединены в шесть основных типов по особенностям формирования.

Для речных бассейнов Полесья основной тип наводнений связан с таянием снега, накопленного в бассейнах рек в зимний период. Продолжительность формирования высоких уровней воды составляет от нескольких суток до 1,5–2 месяцев и зависит от таких факторов, как площадь и средний уклон поверхности бассейна реки, степень покрытия лесами территории, а также площади, занятой болотами, почвенного покрова и некоторых других факторов.

Другой причиной наводнений являются интенсивные осадки и вызываемые ими высокие дождевые паводки. Процесс формирования высоких дождевых паводков более сложный и продолжительный, а от момента выпадения осадков до начала подъема уровня воды в реке может пройти от нескольких часов до нескольких суток. Высота подъема уровня воды зависит от многих факторов, в первую очередь, от количества выпавших осадков, их интенсивности, а также от состояния почвенного слоя бассейна (его увлажнения) и запасов воды в речной системе.

Очень опасными являются наводнения, которые происходят в результате формирования заторов льда в период установления ледяного покрова осенью или разрушения льда на реке в весенний период. В результате формирования заторов льда в русле реки образуется искусственная ледяная плотина, выше которой уровень воды в реке резко повышается, а ниже затора происходит резкое понижение уровня воды. Подъем уровня воды в реке выше затора льда может достигать десятков метров, что приводит к затоплению водой большой территории. Часто в период таких наводнений происходит резкое понижение темпе-

ратуры воздуха, что значительно затрудняет проведение спасательных мероприятий [13].

Еще один тип наводнений связан со строительством и эксплуатацией водохранилищ. Однако при неправильном регулировании работы водохранилищ в годы с высокой водностью рек возможно превышение уровнем воды в водохранилище некоторых критических значений. В этом случае происходит затопление территорий, расположенных вблизи водохранилища. Из-за создания дополнительного напора на плотину может произойти даже ее разрушение, при котором возникает высокая волна приводящая к затоплению территорий, расположенных вдоль реки ниже плотины [13].

Кроме описанной выше классификации наводнений, основанной на их причинах, имеются также классификации наводнений по степени опасности. Так, в соответствии с одной из них в зависимости от размера наводнений вносимого ими суммарного ущерба различают небольшие, большие, выдающиеся и катастрофические наводнения. При этом к небольшим наводнениям относят наводнения, которые повторяются раз 5 – 8 лет (обеспеченность максимальных уровней $P = 15 - 20\%$); к большим наводнениям относят те из них, которые повторяются раз в 10 – 25 лет ($P = 4 - 10\%$) и сопровождаются, как правило, частичной эвакуацией населения; к выдающимся наводнениям относят наводнения, которые повторяются раз в 50 – 100 лет ($P = 1 - 2\%$), охватывают крупную речную систему, почти полностью парализуют хозяйственную деятельность и приводят к массовой эвакуации населения; к катастрофическим наводнениям относят наводнения, которые повторяются реже чем раз в 100 лет ($P < 1\%$), надолго парализуют хозяйственную деятельность и сопровождаются человеческими жертвами [13].

В последние годы в России для классификации всех природных катастроф (в том числе и наводнений) разработана шести балльная типизация, в основу которой положены размеры последствий стихийных бедствий. При этом самому низшему типу опасности (незначительно опасные наводнения) присвоен балл 1, а самому опасному типу – балл 6 [2]. В соответствии с этой классификацией:

- незначительно опасные (балл 1) стихийные бедствия вызывают незначительные повреждения отдельных зданий и ущерб до 0,15 млн. долларов США;
- малоопасные (балл 2) стихийные бедствия вызывают повреждения и умеренные разрушения зданий и сооружений, ущерб до 1,5 млн. долларов США;
- умеренно опасные (балл 3) стихийные бедствия вызывают умеренные и реже сильные разрушения, как правило, проходят без жертв с ущербом до 15 млн. долларов США;
- опасные (балл 4) стихийные бедствия вызывают сильные и умеренные разрушения на отдельных локальных участках местности, приводят к единичным человеческим жертвам, сопровождаются ущербом до 150 млн. долларов США;
- весьма опасные (балл 5) стихийные бедствия приводят к массовым разрушениям на ограниченных площадях, жертвам среди населения, а ущерб от этих наводнений доходит до 500 млн. долларов США;
- чрезвычайно опасные (балл 6) стихийные бедствия вызывают массовые разрушения на больших площадях, человеческие жертвы и ущерб более 500 млн. долларов США.

Сложность и многообразие процессов формирования наводнений нашло свое отражение в разных подходах к классификации этих природных явлений. Невозможно однозначно определить, какая из классификаций может быть рекомендована для условий Полесья. Для решения конкретных задач применяется та или иная классификация. Так, например, в системах раннего предупреждения обычно используется балльная классификация, поскольку она в наиболее концентрированном виде дает возможность пользователям системы быстро оценить степень опасности ожидаемого наводнения. Нередко используются одновременно несколько классификаций.

Наибольший интерес для исследователей представляют в первую очередь катастрофические наводнения. Прошлые столетия были отмечены целой серией подобных наводнений. В таблице 3 приведены десять наиболее катастрофических наводнений, произошедших на Полесье за период инструментальных наблюдений приведших к наибольшим ущербам.

В последние десятилетия повсеместно отмечается тенденция ускорения застройки прибрежных территорий – пойм, приустьевых террас. Однако, несмотря на очевидную привлекательность, хозяйственное освоение прибрежных территорий приводит к увеличению риска материального ущерба в период высокой водности рек.

Так, для города с населением до 50 000 человек и с преобладанием одно-, двухэтажной деревянной застройки ущерб большей частью составляет 10 – 12 тыс. долларов США/га. Число одноэтажных деревянных домов, полностью разрушенных или нуждающихся в капитальном ремонте, составляет 5 – 8% общего числа затопленных домов. В крупных современных городах удельный ущерб достигает 50 – 100 тыс. долларов США/га и более [15].

Размер ущерба зависит, прежде всего, от высоты и продолжительности стояния опасного уровня воды, площади затопления, времени года, в которое происходит наводнение. Суммарный ущерб определяется также степенью экономического развития территории, плотностью и ценностью застройки. Чем плотнее и ценнее застройка, тем больше ущерб в пересчете на 1 га затопленной площади. Косвенными показателями интенсивности наводнения и ценности 1 га городской территории могут служить соответственно уровень воды и плотность населения (при прочих равных условиях).

Первый показатель характеризует площадь затопления – при его увеличении происходит увеличение площади водного зеркала, а, следовательно, и площади затопления. Учитывая, что на водомерных постах уровень воды измеряется относительно разных условных плоскостей, в качестве косвенного показателя используют средние взвешенные по административным единицам значения обеспеченностей максимальных уровней весеннего половодья. Это позволяет сопоставлять величины этого показателя по разным регионам.

Второй показатель связан с перечисленными выше характеристиками административных районов: плотностью застройки, ее ценностью, степенью экономического развития и т. п.

Таким образом, уравнение для расчета возможного ущерба от наводнений в расчете на 1 км² (U) для зада-

нного региона может быть представлено в следующем виде:

$$U=f(D_n, P),$$

где D_n – плотность населения (чел. · км⁻²), а P – средневзвешенное по площади региона значение обеспеченности максимального уровня воды (в долях единицы).

Такой подход был реализован в Гидрометцентре России [3].

По результатам расчетов строятся карты возможных значений ущерба от затоплений прибрежных территорий при прохождении максимальных уровней воды весеннего половодья обеспеченностью 1, 5, 10, 25 и 50%. Этот метод представляется наиболее простым и универсальным и может быть легко применен в гидрологических прогнозах.

Последствия наводнений можно классифицировать следующим образом [13].

Экономические последствия:

- чрезвычайные затраты на эвакуацию спасаемого и пострадавшего населения и обеспечение его продуктами питания, одеждой, временным жильем, предоставление рабочих мест;
- затраты на очистку территории, подвергшейся затоплению;
- разрушение строений или их частей и потерю их содержимого включая жилье, промышленное или торговое имущество;
- разрушение источников водо- и энергоснабжения, транспортных средств, линий электропередач и связи, подстанций, рекреационных объектов, сельскохозяйственных угодий, собственно гидротехнических сооружений;
- потери сельскохозяйственной продукции в растениеводстве и животноводстве, в том числе от прекращения орошения земель;
- потери вследствие вынужденного замещения гидроэлектроэнергии более дорогими видами электроэнергии;
- потери глубоководного водного пути и противопаводковой емкости.

Эти потери суммируются за период до завершения ликвидации последствий наводнения.

Социальные последствия:

Многие из последствий этого класса плохо поддаются или вовсе не поддаются экономическому измерению. Однако они могут иметь ключевое значение в общественной оценке происходящего экстремального явления. При оценке последствий этого класса учитываются:

- численность населения, находящегося в условиях риска затопления территории, если оно не будет своевременно эвакуировано (определяется путем подсчета числа постоянных и временных жилых строений и числа людей в каждом из них, а также сотрудников хозяйственных объектов, школ и больниц в расчетной зоне затопления);
- потери человеческих жизней вследствие наводнения, которые зависят от численности населения в угрожаемой зоне, заблаговременности оповещения, скорости подъема уровня воды, глубины и скорости

течения, температуры воды, наличия ледовых явлений и эффективности эвакуации;

- психологический травматизм, индивидуальный и (или) коллективный (потери работы и здоровья, беспокойство о членах семьи, необходимость профессиональной медицинской помощи);
- потери памятников культуры и истории;
- политические потери или последствия (потери доверия к владельцам гидротехнических сооружений, местной, отраслевой и республиканской принадлежности).

Экологические последствия:

В этом классе учитываются потери ихтиофауны и диких животных в прибрежной зоне суши, резкое изменение руслового режима реки и т. д.

Весьма существенную роль в предотвращении и уменьшении ущерба от речных наводнений играют гидроузлы и каскады гидроузлов с водохранилищами.

Одной из существенных причин серьезных последствий наводнений в селитебных зонах является ложное чувство безопасности населения (иногда и администрации). Это приводит к освоению (подчас стихийному) и застройке пойменных земель, несмотря на то, что эти земли могут подвергаться затоплению при сбросе максимальных расходов воды не только в экстремально многоводные годы, но и в средневысокие половодья и паводки. Такие явления, частично связанные с отсутствием или недоступностью сведений о границах зон возможных затоплений, в том числе и сравнительно частых, в широких масштабах [13].

Избежать катастрофических последствий наводнений можно при соблюдении трех условий: своевременный прогноз чрезвычайной ситуации, эффективные действия властей всех уровней по ее предотвращению, строгая персональная ответственность за несоблюдение первых двух условий.

К сожалению, все эти условия в ряде случаев не выполняются. По мнению специалистов, профилактика паводков, прогнозы, отселение людей, а главное – ремонт дамб и проведение противопаводковых мероприятий, в том числе и экстренных, позволяют предотвратить наводнения примерно в 70% обычных паводков. При этом затраты на профилактику и ликвидацию последствий наводнений находятся в соотношении 1:30 [7].

Среди основных причин, усугубляющих разрушительные последствия наводнений следует указать недостаточную подготовленность общей системы водохозяйственных служб, отсутствие заблаговременного оповещения органов управления и населения о приближающемся бедствии, а также отсутствие ответственных лиц среди собственников водных объектов, которые обязаны заниматься расчисткой рек.

Заслуживает внимания следующий перечень основных уроков наводнений последних лет [7].

Наводнения выявили крайнюю степень запущенности в решении проблемы ответственности за состояние и содержание гидротехнических сооружений, наличие большого числа бесхозных сооружений, находящихся в неудовлетворительном состоянии, свидетельством чему является прорыв многих плотин и заградительных дамб.

Наличие нормативно-правовых пробелов в решении задач по борьбе с наводнениями.

Недостатки подготовки спасательных формирований и самой организации поисково-спасательных работ.

Резкое уменьшение за последние 10 лет числа гидрологических постов на реках России, их крайне скудное техническое оснащение приборами и средствами связи.

Недостаточная подготовленность руководителей, особенно органов местного самоуправления, в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Плохая подготовленность населения к восприятию предупреждений об опасных явлениях и к действиям при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций.

Отсутствие правовых основ системы страхования сооружений в зонах затопления.

Отсутствие отработанной системы оповещения сельского населения и резкое уменьшение числа сетей проводного вещания в сельской местности.

Наличие в зонах затопления большого числа сооружений, построенных из быстроразрушающихся материалов и неспособных противостоять даже малым паводкам.

В последнее время наводнения, приносящие огромный материальный ущерб, случаются раз в 4 – 5 лет. Только от наводнений 1974 г. прямой ущерб в Полесской зоне составил 173 млн. руб. в ценах 1991 г. [1]. Паводок 1974 г., сформировавшийся за счёт выпадения большого количества атмосферных осадков и подпора горизонта воды Киевским водохранилищем, когда уровень воды в реке достиг максимальной отметки за весь период наблюдений, под водой оказалось 400 тыс. га земель, было повреждено и выведено из строя 640 км линий электропередач без энергии на длительный период остались 674 населенных пункта, 453 животноводческие фермы, было разрушено 246 км автомобильных дорог, затоплено 2858 домов [12].

Значительный ущерб принёс и летний паводок 1993 г. В зоне затоплений на длительный период оказались более 10 тыс. домов, в которых проживало 40 тыс. человек, около 200 тыс. посевов зерновых, более 30 тыс. га посевов картофеля и других культур, повреждено более 200 км автомобильных дорог, 10 мостов, 150 участков линий электропередач, обесточены 400 населённых пунктов и 160 животноводческих ферм. Экономический ущерб в результате паводка без экологического ущерба и затрат на нормализацию санитарно-эпидемиологической обстановки в пострадавших районах составил более 200 млрд. рублей в ценах 1993 г. [1].

Это оказано существенное влияние на экономику хозяйств расположенных в пойменных зонах, где подобные паводки систематичны и приносят невосполнимые утраты, в первую очередь на территории Пинского, Столинского и Лунинецкого районов.

Особенно большое влияние на затопление и подтопление Столинского района оказывает р. Горынь, водосборная площадь которой в створе г. Давид-Городка составляет 27,7 тыс. км². Максимальный расход весеннего половодья 1 %-й обеспеченности равен 3170 м³·с⁻¹, летне-осеннего паводка 10 %-й обеспеченности – 453 м³·с⁻¹. Пропускная способность русла р. Горыни сравнительно небольшая и составляет 300 – 350 м³·с⁻¹. При больших расходах вода выходит из берегов и затопляет, и подтапливает пойменные земли. Сглаженный пониженный рельеф обуславливает затоплению больших территорий паводковыми водами р. Горынь, соединение их с паводковыми водами р. Львы и переливы в низовье р. Ствиги. В ходе паводков затоплялись и подтапливались десятки тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий, 25 населенных пунктов, в том числе и г. Давид-Городок, подвергались разрушению мосты, дороги и другие сооружения. Так, паводком 1970 г. было затоплено свыше 40 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в 1979 г. – 52 тыс. га, в 1993 г. – порядка 35 тыс. га [12].

Расходы р. Горынь – г. Давид-Городок во время половодья 1999 г. составили 1800 – 1900 м³·с⁻¹ и относятся к обеспеченности P = 15 – 20%, что, в принципе, является не опасным, но уровни воды на этот период были близкими к катастрофическим, т. е. P = 3 – 5%. Это вызвано сильной заросцелью поймы и некоторыми другими климатическими факторами. Кроме того, картину усугубили построенные автомобильные мосты через р. Припять у г. Житковичи и р. Горынь у г. Столина, оказывающие влияние на пропуск паводковых вод и сформировавшие уровни на высоту до 0,5 м в критические периоды.

Паводковая ситуация также усугубляется за счёт отсутствия графика пропуска максимальных расходов и использования имеющихся водохранилищ с соседней Украиной. В водосборе рр. Горынь и Стырь, берущих своё начало с территории Украины и впадающих в р. Припять на территории Белорусского Полесья расположено пять крупных водохранилищ, общей полезной ёмкостью 1695 млн м³. Заполнение и сработка этих водохранилищ напрямую связана с уровнем режимом р. Горынь в районе гг. Столин и Давид-Городка. Необходима увязка графика пропуска паводковых вод между двумя государствами. Сравнительно небольшим весенним половодьем 1999 г. на Полесье было затоплено 194 населённых пункта и около 200 тыс. га сельхозугодий. 5 тыс. жилых домов, только по Столинскому району, ущерб составил 4,0 млн руб. в ценах 1991 г. [16].

В табл. 13 приведены данные об ущербах, причиняемых наводнениями [18].

Таблица 13 Расчётные суммарные среднегодовые значения ущербов на водосборе р. Припять на территории Беларуси

Table 13. Calculated Annual Total Averages of Losses over the River Pripyat' Catchment Area in the Territory of Belarus

Площадь затопления, км ²			Затапливаемые объекты	Расчётный ущерб от наводнений, тыс. руб. (в ценах 1990 г.)		
P = 50%	P = 25%	P = 1%		P = 50%	P = 25%	P = 1%
11,56	2680	9202	Железнодорожный транспорт	–	–	1332
			Промпредприятия	–	–	102
			Жилой фонд	–	–	9110
			Сельскохозяйственные угодья	18403	44028	75519

Последствия катастрофических наводнений показали неотложность осуществления специальных противопаводковых мероприятий в пойме р. Припять.

Прогнозируемое потепление климата и неизбежный рост хозяйственного освоения речных долин, в связи с ростом населения, несомненно, приведут к увеличению повторяемости и разрушительной силы наводнений. Поэтому необходимо усилить научно-исследовательские, организационные и практические работы, направленные на уменьшение ущербов от наводнений. Предотвращение стихийных бедствий в 50...70 раз уменьшит затраты на ликвидацию последствий наводнений.

Анализ структуры сложившейся системы защиты от наводнений в пойме р. Припять, опыта её эксплуатации, итогов прохождения половодья 1999 г. показывает, что применение чисто инженерных способов не обеспечивает существенное снижение ущербов от наводнений при эффективном использовании пойменных территорий.

Необходимо сочетать инженерные методы защиты (регулирование стока водохранилищами, строительство дамб обвалования приречных территорий, спрямление и углубление речного русла в целях ускорения стока паводковых вод, строительство каналов для отвода вод в естественные понижения рельефа, подсыпка территорий и др.) с неинженерными. К последним относится разработка экономических и юридических норм с учетом особенностей использования паводкоопасных территорий. К ним в первую очередь принадлежат: ограничение или полное запрещение таких видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, а также расширение мероприятий, направленных на создание условий, ведущих к уменьшению стока. Кроме того, должны выбираться и осуществляться такие виды хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен наименьший ущерб.

Инженерные сооружения по защите земель и хозяйственных объектов должны быть надежны, и вместе с тем их осуществление должно быть связано с минимальными нарушениями природной среды.

При разработке противопаводковых мероприятий в долинах рек следует рассматривать весь водосбор, а не его отдельные участки, поскольку локальные противопаводковые мероприятия, не учитывающие всю ситуацию прохождения паводка в долине реки, могут не только не дать экономического эффекта, но и существенно ухудшить ситуацию в целом и привести в результате к еще большему ущербу от наводнения.

При хозяйственном освоении паводкоопасных территорий в долинах рек следует проводить детальные технико-экологические исследования, с целью выявления путей получения максимального возможного экономического эффекта от освоения этих территорий и вместе с тем сведение к минимуму возможного ущерба от наводнений.

Решение этого вопроса невозможно без разработки и дальнейшего совершенствования методики расчета как прямых, так и косвенных ущербов от наводнений. Объективное определение ущерба от наводнений имеет важнейшее значение для правильного выбора стратегии и тактики борьбы с этим стихийным бедствием. Точная оценка потерь фактических и возможных как в период, так и после наводнения позволяет выбрать оптимальный вариант мероприятий по предотвращению и ликвидации нарушений и ущербов, вызываемых наводнениями.

Определение ущербов очень важно, в частности, для оценки экологической целесообразности и эффективности систем инженерной защиты, а также страхования населения и юридических лиц.

Гибкая программа по страхованию от наводнений, сочетающая как обязательные, так и добровольные его формы может быть лучшим инструментом по регулированию землепользования на паводкоопасных территориях.

При этом, должна существовать четко работающая система по прогнозированию паводков и извещению населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности в сутках. Прогнозирование паводков и половодий должно осуществляться на основе развития широкой службы наблюдений за гидрометеорологической обстановкой (следует заметить, что за последние годы произошло значительное сокращение наблюдательных постов гидрометеослужбы). Необходимо непрерывно обеспечивать гидрометеослужбу современным оборудованием – автоматизированными системами сбора и обработки информации, использовать радарные установки и искусственные спутники.

Достаточно сложная ситуация наблюдается с информацией по р. Припять. Это связано, в первую очередь, с необходимостью учета речного стока по большому количеству отдельных притоков (со стороны Украины) и с ограниченными гидрологическими наблюдениями непосредственно на границе. Открытые, после наводнения 1999 г., новые посты гидрологических наблюдений: на р. Стырь – Ладорож, р. Цна – Кожан-Городок, р. Словечна – Новая Рудня не могут в полной мере решить эту задачу.

Большое внимание следует уделять заблаговременному информированию населения о возможности наводнения, разъяснению вероятных его последствий и мерах, которые следует предпринимать в случае затопления строений и сооружений. В паводкоопасных районах должна быть широко развернута пропаганда знаний о наводнениях. Все государственные структуры, а также каждый житель должны ясно представлять, что им надлежит делать до, в период и после наводнения.

Должны быть осуществлены четкое районирование и картирование пойм с нанесением границ половодий и паводков различной водообеспеченности. С учетом вида хозяйственного использования территории рекомендуется выделить зоны с 20%-ной обеспеченностью паводка для сельскохозяйственных угодий, 5%-ной – для строений в сельской местности, 1%-ной – для городских территорий и 0,3%-ной – для железных дорог. Само собой разумеется, что в разных природных зонах и экологических районах число зон и принципы их выделения могут в какой-то степени измениться. Однако практически везде участки поймы, затопляемые чаще, чем один раз в 5 лет, могут использоваться только для косябы сена.

Сочетание инженерных и неинженерных способов защиты от наводнений при наличии эффективной службы эксплуатации позволит в значительной степени уменьшить негативные последствия от наводнений.

Особое внимание необходимо обратить на влияние искусственного изменения условий формирования максимального стока на гидрологические и гидравлические параметры стока, прогнозирование масштабов наводнений и выработку стратегии управления, позволяющей минимизировать отрицательные последствия наводнений, определение путей эффективного использования пойменных территорий, потенциал которых достаточно высок.

В области изучения и борьбы наводнениями первоочередными задачами являются [11]:

- выполнение районирования и картирования пойм с нанесением границ наводнений различной водообеспеченности, с учетом вида хозяйственного использования территории;
- разработка математической модели и создание соответствующих баз данных для прогнозирования наводнений;
- разработка противопаводковых мероприятий в долинах рек с учетом всего водосбора;
- определение видов хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен минимальный ущерб;
- создание надежных инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и хозяйственных объектов с минимальными нарушениями природных биогеоценозов;
- оптимизированное сочетание инженерных методов защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий с неинженерными (экономическими и юридическими).
- создание гибкой программы по страхованию от наводнений, сочетающую как обязательные, так и добровольные формы;
- разработка системы оповещения населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности;
- разработка единой методики учета последствий от наводнений и подсчета причиняемого ими ущерба, а также учета ущерба, наносимого здоровью людей в период наводнений и после них.

5. Литература

- [1] Azyava G.V., Azemsha V.V.: Zashchita ot pavodkovykh navodnenij v Belorusskom Poles'e. Sostoyanie i perspektiva. Belorusskoe Poles'e. Vyp. 1. Pinsk: Fond « Belorusskoe Poles'e », 2001. p. 49-53.
- [2] Osipov V.I., Korolev V.A., Mamaev Yu.A., Rogozin A.L.: Bezopasnost' Rossii. Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Regionalnye problemy bezopasnosti s uchedom riska vzniknoveniya prirodnyh i tehnogennyh katastrof. M.: MGF «Znanie», 1999, 246 pp.

- [3] Borshch S.V., Muhin V.M.: Metod prognoza vozmozhnogo ushcherba ot navodneniya (na primere Moskovskoj oblasti). *Meteorologiya i gidrologiya*, 2000, No. 7, p. 98-108.
- [4] Buchinskij I.E.: O klimate proshlogo Russkoj ravniny. L.: Gidrometeoizdat, 1957.
- [5] Vasol'chenko G.V., Grinevich L.A.: Opyt bor'by s navodneniyami v SSSR i zadachi inzhenernoj zashchity ot zatopenij sel'hozugodij v pojme r. Pripyati. *Problemy Polec'ya*. Mn.: Nauka i tehnika, 1984, Vyp. 9, p. 20-27.
- [6] Volchek A.A.: Sinnhronnosti v kolebaniyah stoka rek Belarusi i ego ocenka. *Prirodnye resursy*, 2001, No. 2, p. 44-48.
- [7] Vorob'ev Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I.: Katastroficheskie navodneniya nachala XXI veka: uroki i vyvody. M.: OOO «DEKS-PRESS», 2003, 352 pp.
- [8] Gosudarstvennyj kadastr. Ezhegodnye dannye o rezhime i resursah poverhnostnyh vod sushi 1979 g. T. 2, Mn., 1981, Vyp. 7.3.
- [9] Drozd V.V., Revera O.Z.: Reka Pripyat'. Mn.: Universitetskoe, 1988.
- [10] Zhurnal ministerstva vnutrennyh del. SPb., 1838.
- [11] Kalinin M.Yu., Volchek A.A.: Vodnye resursy belorusskogo Polec'ya: sovremennoe sostoyanie, problemy, koncepciya izucheniya, ispol'zovaniya i ohrany. *Prirodnye resursy*, 2001, No. 4, p. 35-48. (Kalinin, Volchek. Water resources of Byelorussian Polesie).
- [12] Lishtvan I. I., Azyava G. V., Yaroshevich L. M.: Problemy navodnenij v Poles'e i meropriyatiya po protivopavodkovej zashchite naselennyh punktov i sel'skohozyajstvennyh zemel'. *Prirodnye resursy*, 1999, No. 2, p. 49-58.
- [13] Metody ocenki posledstvij izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem. M.: Rosgidromet, 2012, 509 pp.
- [14] Monitoring, ispol'zovanie i upravlenie vodnymi resursami bassejna r. Pripyat'. Pod obshchej redakcej M. Yu. Kalinina i A. G. Obodovskogo. Mn.: Belsens, 2003, 269 pp.
- [15] Okrug S.I.: Zashchita ot navodnenij. Belorusskoe Poles'e. Pinsk: Fond « Belorusskoe Poles'e », 2001, Vyp. 1, p. 60-62.
- [16] Respublikanskaya programma inzhenernyh vodohozyajstvennyh meropriyatij po zashchite naselennyh mest i sel'skohozyajstvennyh ugodij ot pavodkov v naibolee pavodkoopastnyh rajonah Poles'ya. Mn., 2000.
- [17] Rutkovskij P.P.: Problema navodnenij v Respublike Belarus' i puti eyo resheniya. *Prirodnye resursy*, 2001, No. 2, p. 59-63.
- [18] Shvec G.I.: Vydayushchiesya gidrologicheskie yavleniya na yugozapade SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1972.