

**VOLCHAK A.A., NATAROVA O.N. Existential fluctuations of relative amplitudes of intra annual distribution of the drain of water of the rivers of Belarus**

Intra annual distribution of a drain of water is the major hydrological and water management the characteristics having impact on formation of many branches of a national economy of Republic of Belarus.

In the last decades changes in intra annual distribution of a drain of water of the rivers are noted. These changes found reflections not only in the size of a river drain of water, but also in its structure. As the reason of the happened changes the factors which caused fluctuations of climate serve that further affected the hydrological mode.

The major climate factor is served by the general circulation of the atmosphere. In work the analysis of influence of climatic characteristics on intra annual distribution of a drain of water of the rivers in different forms of atmospheric circulation according to G.Ya. Vanteygeym – A.A. Girsа is made. Results of the analysis are presented in the form of existential structures that allows to observe visually regularities of change of intra annual distribution of a drain of water of the rivers, in general across the territory of the republic.

УДК 556.535.3 (476.7)

**Волчек Ан.А.**

## ВЕСЕННЕЕ ПОЛОВОДЬЕ НА РЕКЕ ЯСЕЛЬДА

**Введение.** Одним из главных факторов, сформировавших Белорусское Полесье как уникальную природную экосистему, является высокое стояние грунтовых вод, вызванное не столько климатическими факторами, сколько особенностями геологического строения территории. Влияние Полесья на формирование природно-климатических условий не только в Беларуси, но и в Центральной Европе существенное. Поэтому изменения, происходящие на Полесье, в той или иной степени сказываются далеко за его пределами. В то же время Полесье представляет значительный интерес для хозяйственно-экономической деятельности страны. Антропогенное изменение водного режима Полесья, в ряде случаев, уже привело к негативным последствиям, а современные климатические изменения эту картину могут усугубить. Поэтому на первый план вступает задача рационального природопользования. Планы комплексного использования природных ресурсов целесообразно разрабатывать по бассейнам рек, так как бассейн реки является целостной экологической системой.

Максимальные расходы весеннего половодья являются расчетными величинами при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений, мелиоративных систем, инженерных линейных сооружений и т.д. Кроме того, весеннее половодье определяет развитие экологической системы в целом.

Целью настоящей работы является изучение изменчивости условий формирования весеннего половодья в бассейне р. Ясельда, а именно – оценить современные изменения и дать прогноз весеннего половодья, что может послужить основой для разработки плана управления водным режимом бассейна в целом.

**Материалы и методы исследования.** Ясельда является типичной рекой Белорусского Полесья, на примере которой можно проследить произошедшие изменения водного режима, вызванные природными факторами и антропогенными воздействиями, а также смоделировать воздействия в будущем и наметить мероприятия по снижению негативных последствий. Река Ясельда – второй по величине и водности левобережный приток р. Припять. Длина реки 250 км, площадь водосбора 7790 км<sup>2</sup>. Свое начало р. Ясельда берет на водоразделе Балтийского и Черного морей, в 4 км к северу от д. Клепачи Пружанского района Брестской области. Верховье реки находится в пределах Прибугской равнины, среднее и нижнее течение – в границах Полеской низменности. Водосбор р. Ясельда расположен на северо-западе Полесья. Водораздел в условиях низкой и заболоченной местности выражен слабо, что в определенных условиях приводит к переливу высоких вод в соседние водосборы. Рельеф равнинный. Характерно высокое стояние уровня поверхностных вод и богатый запас грунтовых вод верхних горизонтов, которые являются основным источником оживления р. Ясельда. Из искусственных водоемов наиболее значительным является водохранилище «Селец». Река протекает через озера Мотольское и Споровское и впадает в р. Припять с левого бере-

га на 489 км от ее устья, у д. Качановичи Пинского района [Изменение ..., 2008, (Ч. 1); Ресурсы ..., 1971].

Густота естественной гидрографической сети водосбора составляет 0,25 км/км<sup>2</sup>. Для данного бассейна характерно наличие густой осушительной сети каналов, с учетом которой густота речной сети составляет 0,39 км/км<sup>2</sup>. Озера и водохранилища занимают более 1% от площади водосбора, заболочено же 32%.

Основные притоки Ясельды: правобережные – кан. Винец и р. Меречанка, левобережные – р. Жегулянка и кан. Огинский. Около 30 % стока дают р. Жигулянка и кан. Винец. Ясельда с Огинским каналом и р. Щара образуют водную систему, соединяющую бассейны Днепра и Немана.

Методологической основой исследований являются научные положения о стохастической природе изменчивости максимального стока весеннего половодья, что позволило использовать современные статистические методы анализа временных рядов (корреляционный, регрессионный и др.) и др.

В гидрологическом отношении водосбор р. Ясельды изучен удовлетворительно. Систематическое изучение режима уровней вод р. Ясельда начато в 1925 году около г. Береза. К этому периоду относятся и начало стационарных наблюдений за стоком воды. В периоды с 1934 по 1939 гг. и с 1941 по 1943 гг. гидрологические наблюдения были прекращены. После 1944 г. водомерная сеть частично была восстановлена и открыты также новые посты.

Исходными материалами для исследований послужили данные Республиканского гидрометцентра на постах р. Ясельда у г. Береза и с. Сенин, р. Меречанка у д. Красеево и кан. Винец у д. Рыгали за период их инструментальных наблюдений.

**Обсуждение результатов.** Весеннее половодье для рек бассейна Ясельды является характерной фазой гидрологического режима, в которую наблюдаются наибольшие расходы воды. Водность рек в период весеннего половодья определяется значением запасов воды в снеге к началу весеннего половодья, увлажненностью водосборов в осенне-зимний период, интенсивностью снеготаяния и количеством осадков, выпадающих в период весеннего половодья. Кроме этого, на значение максимального расхода на реках оказывает влияние совпадение или сдвигка во времени максимальных расходов, которые сформировались на основных притоках. Во время весеннего половодья проходит в среднем на р. Ясельда и ее притоках от 22 до 45 % суммарного стока за год. На рисунке 1 представлена карта слоя стока весеннего половодья в бассейне реки Ясельда. Изменения величины стока весеннего половодья носит широтный характер, уменьшается от истока (60 мм) к устью (45 мм).

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

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

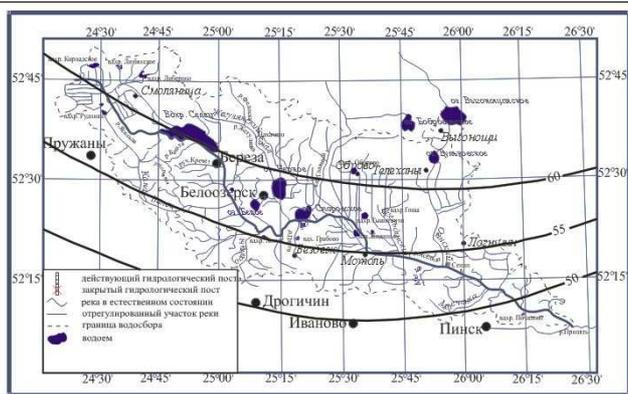


Рис. 1. Карта споя стока весеннего половодья в бассейне р. Ясельда, мм

На рис. 2 представлен хронологический ход максимальных расходов воды рек бассейна Ясельды, а также показаны средние значения за периоды до 1985 г. и с 1986 г. по настоящее время. Выбор данного интервала обусловлен началом изменения климата.

Как видно из рис. 2, наибольшие расходы воды на р. Ясельда у г. Береза и у с. Сеннин наблюдались в 1958 г. и составили соответственно 128 и 575 м<sup>3</sup>/с. Начиная с 80-х гг. прошлого столетия, максимальные значения расходов воды весеннего половодья на р. Ясельда у г. Береза не превышали норму стока. На посту у с. Сеннин за тот же период в 1981, 1996 и 1999 гг. наблюдались расходы, превышающие среднее многолетнее значение. На р. Меречанка зафиксировано 6 лет (1983 – 1985, 1988, 2006 – 2007 гг.), в которые наблюдались расходы, превышающие норму стока. Подобная ситуация наблюдается и на кан. Винец, где среднее многолетнее значение превышалось лишь в 1985, 1987, 1988 и 1996 гг.

Также на рис. 2 четко видно, что среднее значение до 1985 г. значительно отличается от среднемноголетнего с 1986 г., причем

отличия произошли более чем в 2 раза практически на всех реках. Так, на р. Ясельда – г. Береза изменилось среднее значение почти в 3 раза ( $\bar{Q}_{1945-1985}=32,0$  м<sup>3</sup>/с,  $\bar{Q}_{1986-2013}=11,0$  м<sup>3</sup>/с); на р. Ясельда – с. Сеннин – в 1,9 раза ( $\bar{Q}_{1945-1985}=92,1$  м<sup>3</sup>/с,  $\bar{Q}_{1986-2013}=47,9$  м<sup>3</sup>/с); на р. Меречанка – с. Красеево – в 2,5 раза ( $\bar{Q}_{1971-1985}=11,3$  м<sup>3</sup>/с,  $\bar{Q}_{1986-2014}=4,54$  м<sup>3</sup>/с); на кан. Винец – д. Рыгали – в 2,4 раза ( $\bar{Q}_{1962-1985}=10,1$  м<sup>3</sup>/с,  $\bar{Q}_{1986-2013}=4,24$  м<sup>3</sup>/с).

В таблице 1 приведены статистические параметры стока весеннего половодья рек бассейна Ясельды, рассчитанные методом моментов с использованием распределения Пирсона III типа и наибольшего правдоподобия с использованием трехпараметрического гамма-распределения.

Коэффициенты вариации наибольших расходов половодья изменяются от 0,45 до 1,12 для р. Ясельда и от 0,79 до 0,85 для ее притоков (таблица 1). Максимальные расходы воды весеннего половодья на реках бассейна Ясельды для расчетных обеспеченностей рассчитанные различными методами имеют некоторые различия, поэтому для принятия окончательного решения в ряде случаев необходимо использовать средние из полученных величин.

Наибольший наблюдаемый расход весеннего половодья на р. Ясельде в районе г. Береза (128 м<sup>3</sup>/с) и в створе с. Сеннин (575 м<sup>3</sup>/с) менее 1 %. При проектировании некоторых сооружений требуется знание расходов очень малой обеспеченности. Для каждого физико-географического и климатического региона существует свое предельное значение максимального половодья. Вероятность превышения таких максимумов приближается к нулю.

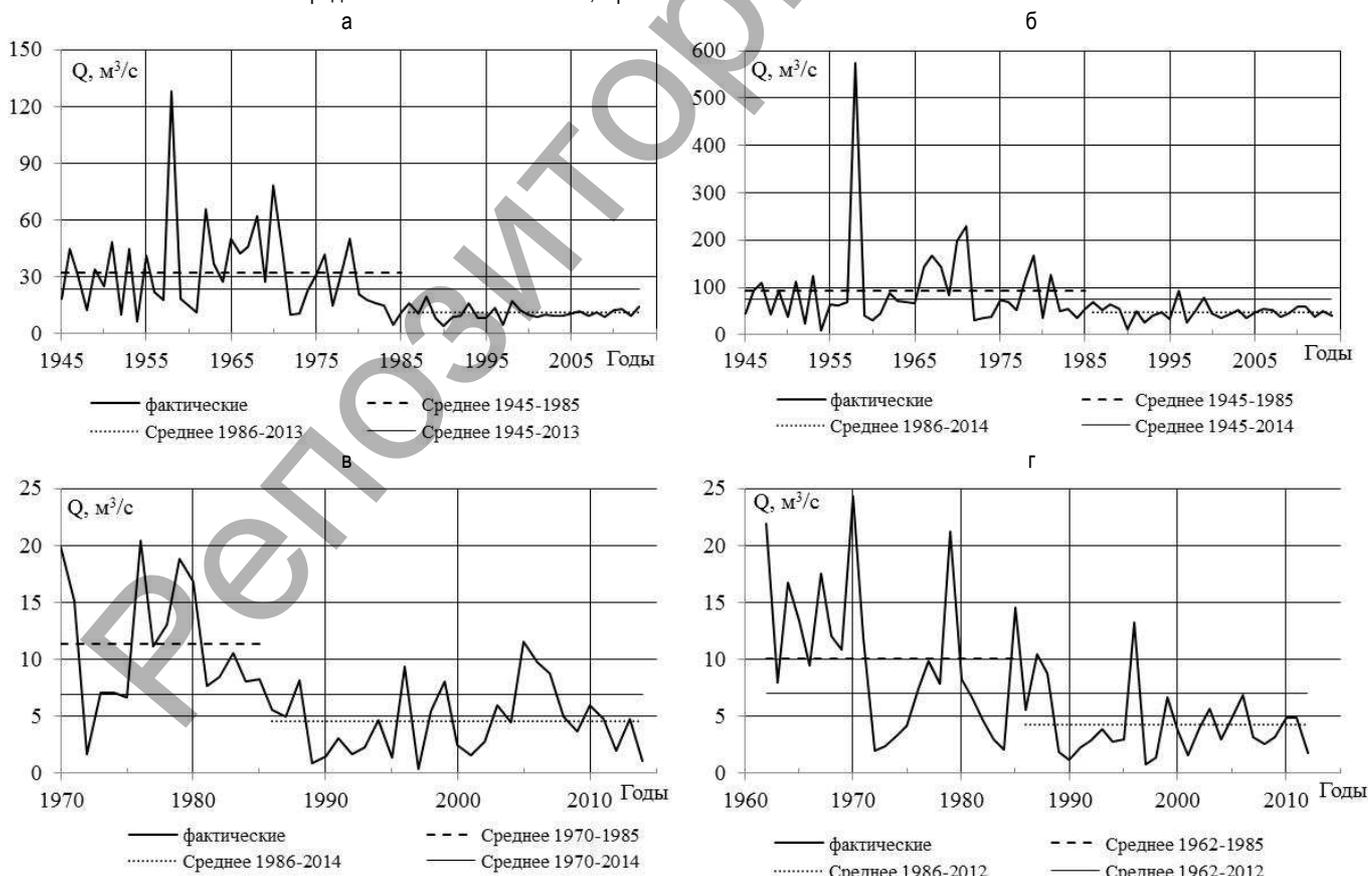


Рис. 2. Многолетние гидрографы максимального стока рек бассейна: а) Ясельда – г. Береза; б) Ясельда – с. Сеннин; в) Меречанка – д. Красеево; г) кан. Винец – с. Рыгали

Таблица 1. Статистические параметры и расходы воды расчетной обеспеченности стока весеннего половодья рек бассейна Ясельды

Параметры	Река – створ					
	Ясельда – Хорено	Ясельда – Береза	Ясельда – Сенин	Меречанка – Красеево	к. Винеч – Рыгали	
Количество лет наблюдений	20	65	68	44	47	
Период наблюдений, годы	1972 - 1991	1945 - 2013	1945 - 2014	1970 - 2014	1962 - 2012	
Среднее значение стока, м³/с	11,5±0,18	23,9±2,63	74,7±9,04	6,95±1,50	7,37±1,30	
Коэффициент автокорреляции	0,44	0,17	0,04	0,57	0,40	
Вид распределения	Трехпараметрическое гамма-распределение					
Норма стока, м³/с	11,9	25,0	77,0	7,25	7,63	
Коэффициент вариации (C <sub>v</sub> )	0,45	0,96	1,12	0,79	0,85	
Соотношение (C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub> )	4,5	4,0	4,0	3,0	3,0	
Расход воды расчетной обеспеченности обеспеченностью, м³/с	0,1 %	40,9	204	801	40,3	49,2
	1 %	28,2	112	411	25,8	30,4
	3 %	23,0	79,0	279	19,7	22,6
	5 %	20,8	65,5	226	17,1	19,3
	10 %	17,8	49,5	163	13,6	15,1
	25 %	14,0	31,0	94,7	9,28	9,77
	50 %	10,9	18,6	51,6	5,93	5,95
Вид распределения	Распределение Пирсона III типа					
Норма стока, м³/с	11,9	25,0	80,7	6,95	7,63	
Коэффициент вариации (C <sub>v</sub> )	0,45	0,96	1,12	0,81	0,83	
Коэффициент асимметрии (C <sub>s</sub> )	1,2	3,0	5,8	1,4	1,8	
Расход воды расчетной обеспеченности обеспеченностью, м³/с	0,1 %	37,6	195	954	35,7	43,4
	1 %	28,7	122	504	25,4	29,8
	3 %	24,2	88,7	315	20,4	23,2
	5 %	22,1	72,2	228	18,0	20,2
	10 %	19,0	52,1	132	14,5	16,0
	25 %	14,6	29,5	68,1	9,72	10,3
	50 %	10,8	15,4	49,2	5,70	5,85

Одним из методов, позволяющих оценить предельные максимумы стока половодья, является метод, предложенный Д.Л. Соколовским, не требующий наличия материалов наблюдений над стоком за относительно продолжительный период. Основой метода является положение, что наибольшая интенсивность стока со склонов в русле не может превысить в естественном состоянии наибольшую интенсивность снеготаяния за определенный промежуток времени.

Не касаясь деталей этого метода, который достаточно подробно описан в работах [Соколовский, 1968; Соколовский, 1968], окончательная расчетная формула имеет вид

$$q_{ii} = \frac{A_{max} \cdot \alpha \cdot \delta \cdot \dot{E}_d \cdot \dot{E}_n}{(A + C)^n}, \quad (1)$$

где  $q_{ii}$  – предельный модуль стока, м³/с км²;  $A_{max}$  – максимальная интенсивность водоотдачи со склонов, мм/час;  $\alpha$  – элементарный коэффициент стока;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние леса и болот;  $A$  – площадь водосбора, км²;  $C$  и  $n$  – параметры, постоянные для данного физико-географического района;  $K_p$  – коэффициент размерности, равный 0,278;  $K_c$  – коэффициент перехода от интенсивности снеготаяния к интенсивности водоотдачи и равный 1,3 для весеннего половодья.

Максимальная интенсивность водоотдачи талых вод, по П.П. Кузьмину, равна 10,5 мм/час. При  $K_p=0,28$ ,  $K_c=1,3$ ,  $\alpha=0,9$  предельный модуль стока половодья для Беларуси равен 3,4 м³/с км². Полученные модули можно принимать в качестве расчетных.

В практической жизни нас больше интересует не процессы формирования половодья, а его высота, так сказать высокие, очень высокие и катастрофические наводнения. За период систематических наблюдений за весенним стоком такие половодья наблюдались в 1932, 1958, 1979 годах. Высота подъема колеблется от 1,7 до 2,5 м, в отдельные годы (1932) превышая 3 м над низшим уровнем (таблица 2).

Высшие уровни весеннего половодья являются, как правило, наивысшими в году. Лишь в редкие годы уровни летних и зимних паводков превышают их. Например, уровень летнего паводка в 2007 г. на р. Меречанка у д.Красеево превысил максимальный уровень весеннего половодья на 0,8 м.

В связи с тем, что в формировании максимальных расходов воды половодья и максимальных уровнях имеется асинхронность, которая учитывается при помощи коэффициента  $\mu=0,55...1,0$  (в зависимости от обеспеченности), оценивает неравенство статистических параметров слоев стока и максимальных расходов воды. Изменчивость слоев стока за половодье в бассейне р. Ясельда, характеризуемая коэффициентом вариации, достаточно высока – от 0,60 до 0,85. Наибольшие значения слоя стока колеблются от 92 (1970) до 157 мм (1958), в годы средние по водности – от 33 до 52 мм.

В целом половодье в бассейне р. Ясельда характеризуется как невысокое, с наибольшей продолжительностью в бассейне р. Припять (без учета самой Припяти).

Форма и высота волны половодья зависит не только от метеорологических условий, но и от рельефа, залесенности, заболоченности, озерности водосборов и других факторов. При дружной весне волна половодья наиболее высокая, с резким подъемом и более плавным спадом, отличается меньшей продолжительностью, при затяжной весне половодье более растянутое, имеется несколько вершин, высота небольшая.

Для рек бассейна р. Ясельда характерно неясно выраженное весеннее половодье с плавным подъемом и растянутым спадом [Ресурсы ..., 1971]. Период потепления (с 1988 г.) отразился на сроках начала половодья – они сдвинулись на более ранние даты. Продолжительность половодья в среднем составляет 45 – 75 дней на р. Ясельда и 30–40 дней на ее притоках.

В настоящее время на всех реках Беларуси наблюдается уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья. Кроме того, произошло смещение дат начала весеннего половодья.

Таблица 2. Высшие уровни воды весеннего половодья за многолетний период

Река-пост	Период наблюдений, гг.	Высший уровень (см, над нулем поста)	Дата наступления высшего уровня
Ясельда – Хорезо	1945 – 1957, 1971 – 1992	354	01.04.1979
Ясельда – Береза	1926 – 1933, 1940 – 1941, 1945 – 2013	492	17.04.1958
Ясельда – Сенин	1945 – 2013 гг.	247	27.03.1999
Ясельда – Городище	1881 – 1910, 1923 – 1933, 1941, 1945 – 1953	408	15,16.04.1932
Винец – Рыгали	1962 – 2013	261	06.04.1962
Жегулянка – Нехачево	1960 – 1983	96	27.03.1979
Меречанка – Красеево	1970 – 2013	554	24.03.1970

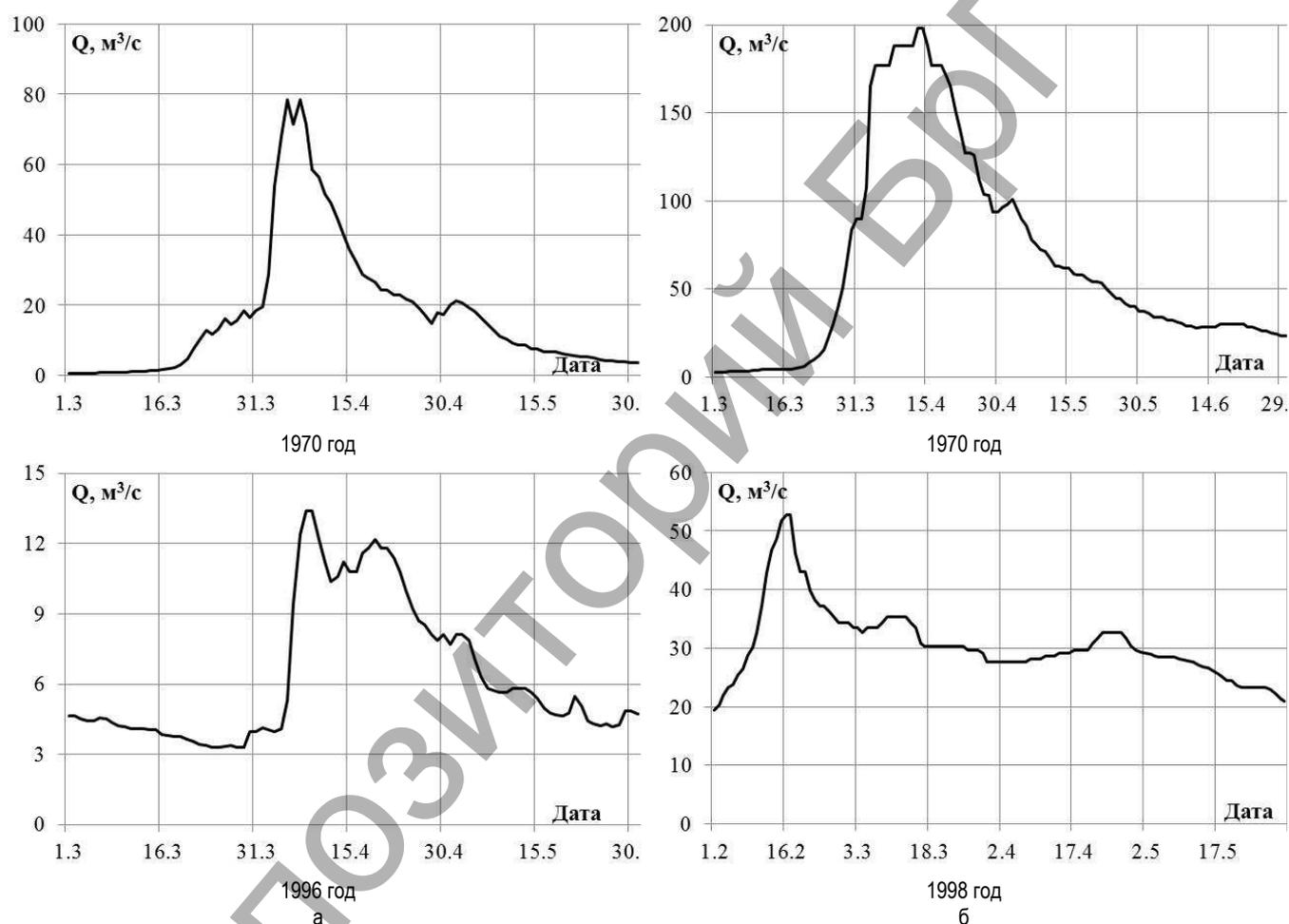


Рис. 3. Гидрографы реки Ясельда у г. Береза (а) и с. Сенин (б)

Анализ изменения гидрографов выполнен за период с 1968 по 2005 г. Визуальный анализ гидрографов реки Ясельда показал, что существенной трансформации в форме гидрографов не наблюдается. Можно отметить некоторую трансформацию формы гидрографов, вызванную антропогенными факторами. Например, в форме гидрографа весеннего половодья р. Ясельда – г. Береза наблюдаются уменьшение степени острровершинности, вызванное созданием водохранилища Селец, которое было построено в 1976 г. выше данного створа.

Для количественных оценок изменения формы гидрографа весеннего половодья за отдельные годы строились модели гидрографов по схеме Г.А. Алексева, которые определяются двумя параметрами: коэффициентом несимметричности ( $K_S$ ) и коэффициентом формы гидрографа ( $\Lambda$ ) (таблица 3). Исходный ряд был разбит на два периода: 1968 – 1980 гг. и 1981 – 2005 гг., для которых определялись средние

значения коэффициентов. Статистически значимые различия в средних коэффициентов формы гидрографа определяли с помощью критерия Стьюдента, который не выявил значимых различий.

На рисунке 3 представлены наиболее характерные гидрографы реки Ясельда для двух рассматриваемых периодов.

Таким образом, как показал комплексный анализ гидрографов р. Ясельда в форме гидрографов существенных изменений не произошло.

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

Для определения изменения дат наступления максимальных расходов исходный ряд был разбит на два периода: с начала инструментальных наблюдений до 1980 г. и с 1981 г. по настоящее время. Выбор последнего периода обусловлен началом увеличения

Таблица 3. Параметры гидрографов весеннего половодья

Река–створ	Средние значения $K_s$ за период			Средние значения $\lambda$ за период		
	1968–1980	1981–2005	1968–2005	1968–1980	1981–2005	1968–2005
Ясельда – г. Береза	0,352	0,329	0,337	1,177	1,228	1,211
Ясельда – г. Сенин	0,275	0,266	0,269	0,869	0,713	0,769

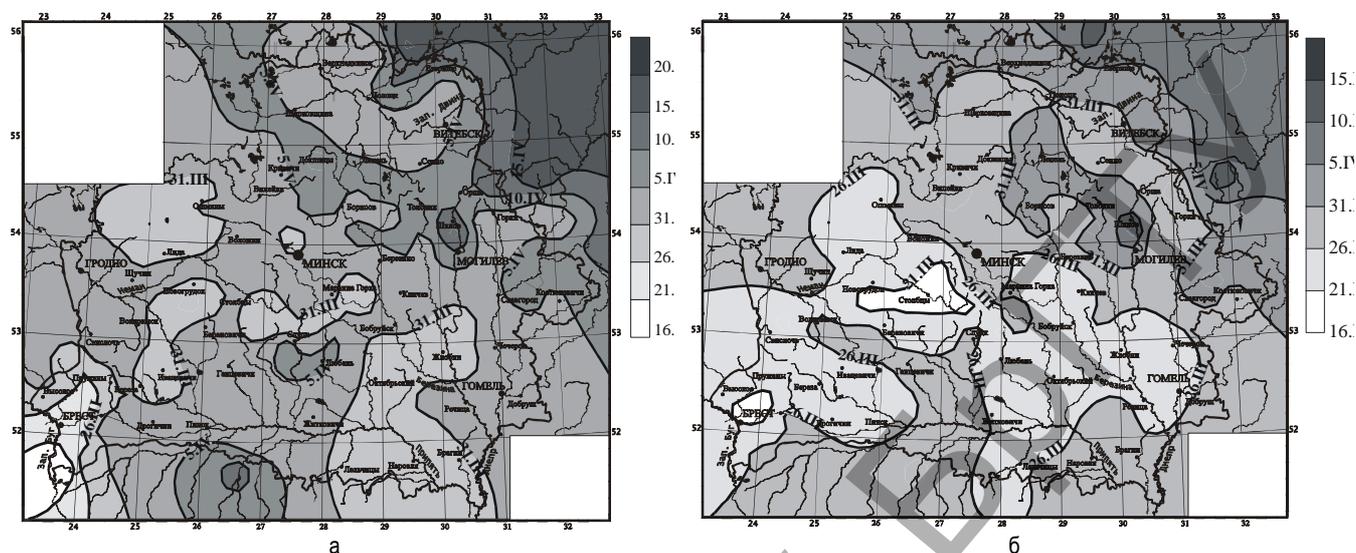


Рис. 4. Карта средних дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси до потепления климата (а) и в современных условиях (б)

среднегодовой температуры воздуха. За каждый из рассматриваемых периодов определялась средняя дата наступления максимальных расходов воды весеннего половодья, а также вычислялись отклонения от средних дат.

Нами построена карта средних дат наступления пиков весеннего половодья за период с начала инструментальных наблюдений до 1980 г. на территории Беларуси (рис. 4). В настоящее время даты максимальных расходов воды рек весеннего половодья в основном сместились на более ранние сроки, которые изменяются по направлению с юго-запада на северо-восток. Как видно из рисунка 3, пик половодья в бассейне Ясельды сместился с 26–31 марта на 21 марта.

Основной причиной смещения пиков половодий на реках Беларуси являются природно-климатические изменения. По прогнозам ученых-климатологов, потепление климата продлится еще какое-то время, поэтому процесс смещения дат пиков половодий на более ранние сроки будет продолжаться, что необходимо учитывать при разработке планов использования водных ресурсов и управления ими.

**Заключение.** Как показали исследования, произошло уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья в бассейне реки Ясельда, а нормы стока – в два и более раза. Пик весеннего половодья сместился на более ранние сроки (7–10 дней), однако существенной трансформации в форме гидрографов не выявлено. Данные явления произошли в основном под действием климатических факторов, но и значительный вклад в «срезку» пиков половодий внесла работа водохранилища «Селец».

**VOLHEK An.A. Spring floods above for Yaselda river**

In the paper the highest water level in the Yaselda river was analyzed. The period from the middle of the XXth century to nowadays was evaluated. The article presents the result about the statistical analyses of fluctuations, changes the maximums over flowing of water, the highest spring water-level of river and htrid of their occurrence were analyzed.

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ: справочник: в 3 ч. – Ч. 3: Сведения о водохранилищах, прудах и рыбхозах Беларуси / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» под ред. Е.В. Шмык. – Минск, 2008. – 161 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР: Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима / Под ред. К.А. Ключевой. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – Т. 5: Белоруссия и Верхнее Поднепровье – 1107 с.
3. Блакітная кніга Беларусі: энцыкл. / Беларус. энцыкл.; рэдкал.: Н.А. Дзісько [і інш.]. – Мінск: БелЭн, 1994. – 415 с.
4. Волчек, А.А. Водные ресурсы Брестской области / А.А. Волчек, М.Ю. Калинин. – Минск: Изд. центр БГУ, 2002. – 440 с.
5. Правила проведения актинометрических и теплбалансовых наблюдений и работ: ТКП 17.10-13-2009 (02120). – Минск: Минприроды, 2009. – 174 с.
6. Логинов, В.Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек. – Минск: Тонтик, 2006. – 160 с.
7. Волчек, А.А. Изменение дат наступления пиков половодий на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов: материалы Междунар. науч.-практич. конф., Брянск, 25–27 окт. 2007 г. / РИО БГУ; редкол.: Л.М. Ахромеев [и др.]. – Брянск, 2007. – С. 163–168.
8. Волчек, А.А. Изменение сроков наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Вест. Фонда фундамент. исслед. – 2008. – № 1. – С. 54–59.

Материал поступил в редакцию 11.05.15