

РАЗДЕЛ 2
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И
ПРИКЛАДНОЙ ЛИМНОЛОГИИ И ГИДРОЛОГИИ.
ОПАСНЫЕ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И
ПРОЦЕССЫ

УДК 556.5(476)

СТОК РЕК БЕЛАРУСИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И
ПРОГНОЗ

А. А. Волчек

*Брестский государственный технический университет
г. Брест, Республика Беларусь, e-mail: Volchak@tut.by*

Исследована проблема водных ресурсов Беларуси. Дана количественная оценка современного состояния и прогнозные изменения водных ресурсов на среднюю перспективу. Негативным последствием изменения климата для речного стока является возможное увеличение частоты и интенсивности неблагоприятных гидрологических явлений. **Усиление неравномерности внутригодового перераспределения стока и увеличение рисков наводнений, обусловленных резкими оттепелями в зимний период, более ранним наступлением весеннего половодья и увеличением интенсивности дождевых паводков.**

Ключевые слова: водные ресурсы; сток; река; тренд; модель; прогноз.

RIVER FLOW IN BELARUS: CURRENT STATUS AND FORECAST

A. A. Volchak

*Brest State Technical University,
Bresn, Republic of Belarus, e-mail: Volchak@tut.by*

The problem of water resources of Belarus has been studied. A quantitative assessment of the current state and predictive changes in water resources for the medium term is given. The negative impact of climate change on river flow is a possible increase in the frequency and intensity of adverse hydrological events. Increased uneven intra-annual redistribution of runoff and increased risks of floods due to sharp thaws in winter, earlier onset of spring floods and increased intensity of rain floods.

Keywords: water resources; stock; river; trend; model; forecast.

Обеспеченность водными ресурсами являются национальным достоянием страны и служит ключевым показателем устойчивого развития. По-

этому Беларусь целенаправленно осуществляет меры по сохранению водных экосистем, рациональному водопользованию. В стране действует Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года.

Потенциал водных ресурсов Беларуси определяют около 20 тыс. водотоков, из которых 90 % – это малые реки и ручьи, однако речной сток в основном формируют большие и средние реки. Помимо этого на территории Беларуси расположено 10 тыс. озер с общим объемом около 9 км³ воды. Кроме того создано 85 водохранилищ и 1,5 тыс. прудов. Разведанные запасы пресных подземных вод составляют 6,35 млн. м³/сут. Таким образом, обеспеченность водными ресурсами Республики Беларусь составляет 6,2 тыс. м³ воды в год на душу населения, что позволяет успешно развивать экономику страны.

Наглядное представление о пространственной структуре стока рек Беларуси можно получить по карте модулей среднемноголетнего годового стока рек Беларуси, построенной нами по осредненным данным за период с 1953 по 2018 гг., т.е. за последние 65 лет (рис. 1) [1]. Это позволило учесть усилившиеся в последние десятилетия процессы глобального потепления климата и антропогенных воздействий, которые, несомненно, наложили свой отпечаток на формирование стока рек. В распределения годового стока рек в Беларуси наблюдается общее зональное понижение его в направлении с севера на юг и юго-запад, что увязывается с распределением годовых осадков и запасов воды в снежном покрове.

Оценка изменений речного стока Беларуси за период с 1877 по 2018 гг. показала, что в среднем по территории имеет место некоторая тенденция уменьшения среднегодового стока, хотя статистически и незначимая. Детальная оценка изменения стока основных рек Беларуси представлены в табл. 1 рис. 2. Максимальный сток весеннего половодья статистически значимо уменьшается, а минимальный летне-осенний и зимний сток – растет. За период современного потепления тенденции изменения стока имеют такую же тенденцию как период инструментальных наблюдений, за исключением минимального летне-осеннего стока. За последние 50 лет сохраняется аналогичная тенденция изменения стока. Статистически значимы уменьшение максимального стока весеннего половодья и рост минимального зимнего стока.

Современные климатические колебания в будущем несомненно окажут влияние на трансформацию речного стока. Используя гидролого-климатическую гипотезу, в основе которой лежит стандартное уравнение водного баланса участка суши с независимой оценкой основных элементов баланса (атмосферные осадки, суммарное испарение и климатический сток),

нами разработана компьютерная модель позволяющая моделировать возможные изменения водного режима рек Беларуси при прогнозируемом ходе изменения климата для месячных интервалов осреднения [2, 3].

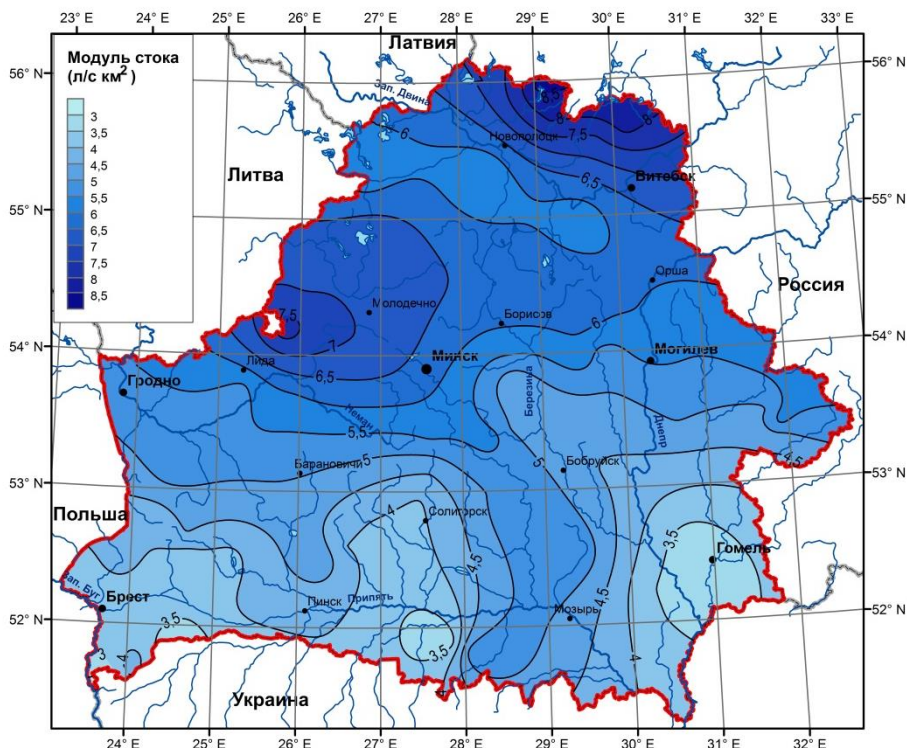


Рис. 1. Карта модулей среднемноголетнего годового стока рек Беларуси [1]

Таблица 1

Значение линейных трендов стока рек Беларуси (сост. автором)

Период	1877 – 2018 гг. (142 года)	1877 – 1986 гг. (110 лет)	1987 – 2018 (32 года)	1969 – 2018 (50 лет)
Вид стока	<i>Средний годовой</i>			
α 10 лет / r	-0,001 $Q_{\text{ср.год}}$ / -0,03	-0,006 $Q_{\text{ср.год}}$ / -0,10	-0,047 $Q_{\text{ср.год}}$ / -0,22	0,004 $Q_{\text{ср.год}}$ / 0,03
Вид стока	<i>Максимальный весеннего половодья</i>			
α 10 лет / r	-0,051 Q_{max} / -0,42	-0,031 Q_{max} / -0,20	-0,025 Q_{max} / -0,10	-0,065 Q_{max} / -0,32
Вид стока	<i>Минимальный летне-осенний</i>			
α 10 лет / r	0,010 $Q_{\text{мин.л.-о}}$ / 0,17	0,004 $Q_{\text{мин.л.-о}}$ / 0,05	-0,096 $Q_{\text{мин.л.-о}}$ / -0,34	-0,008 $Q_{\text{мин.л.-о}}$ / -0,05
Вид стока	<i>Минимальный зимний</i>			
α 10 лет / r	0,047 $Q_{\text{мин.з.}}$ / 0,52	0,025 $Q_{\text{мин.з.}}$ / 0,27	0,088 $Q_{\text{мин.з.}}$ / 0,21	0,095 $Q_{\text{мин.з.}}$ / 0,32

Выделены статистически значимые величины.

Сценарии изменения климата для бассейнов рек Беларуси на период до 2035 года получены с использованием материалов, представленных в

Атласе глобальных и региональных климатических прогнозов, являющегося приложением к Пятому докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [4].

Для общего прогноза изменения климата и стока до 2035 года использованы представленные в Пятом докладе МГЭИК для Европы мультимодельный ансамбль из четырех сценариев – RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6 и картосхемы, разработанные МГЭИК с использованием глобальных климатических моделей и представленные в данном атласе. Более подробный прогноз климата с учетом региональной его изменчивости, выявленной по метеорологическим станциям за период с 1961 по 2015 год, разработан с использованием наиболее неблагоприятных (консервативных) сценариев наибольшего повышения температуры и снижения осадков, а также с учетом линейной интерполяции [5].

Прогноз стока на период до 2035 года в основном подтвердил выявленные тенденции его изменения за период с 1961 по 2015 год. По прогнозируемому изменению объемов стока также возможна резкая дифференциация между северной и южной частью республики, между малыми и большими реками. При незначительном изменении стока в среднем за год, высокая вероятность его неравномерности и разнонаправленности в сезоны и месяцы. Особенно значительно может изменяться сток в летние месяцы с его снижением во все сезоны на юге Беларуси. Вместе с тем для севера Беларуси прогнозируются не столь значительные изменения стока, как для юга (табл. 2).

Следует отметить, что прогнозные оценки изменения стока рек в условиях изменяющегося климата следует рассматривать как вероятностные, связанные с допущением ряда неопределенностей исходя из различных факторов, основные из которых, это:

- погрешность выявленных тенденций изменения метеорологических и гидрологических характеристик с учетом оценки статистической значимости этих тенденций;
- неопределенность и неоднозначность сценариев изменения климата;
- неопределенность результатов расчетов с использованием гидрологических моделей для прогнозирования стока, обусловленную как погрешностями самих моделей и их верификации, так и с неопределенностями используемых в них данных и коэффициентов;
- неопределенность прогнозов влияния факторов антропогенной нагрузки на водные ресурсы с учетом изменения климата.
- Однако значимость оценок и прогнозов речного стока в условиях изменяющегося климата определяется целесообразностью их последую-

щего учета при планировании водоохраных и водохозяйственных мероприятий, связанных с совершенствованием управления речными бассейнами в Беларуси.

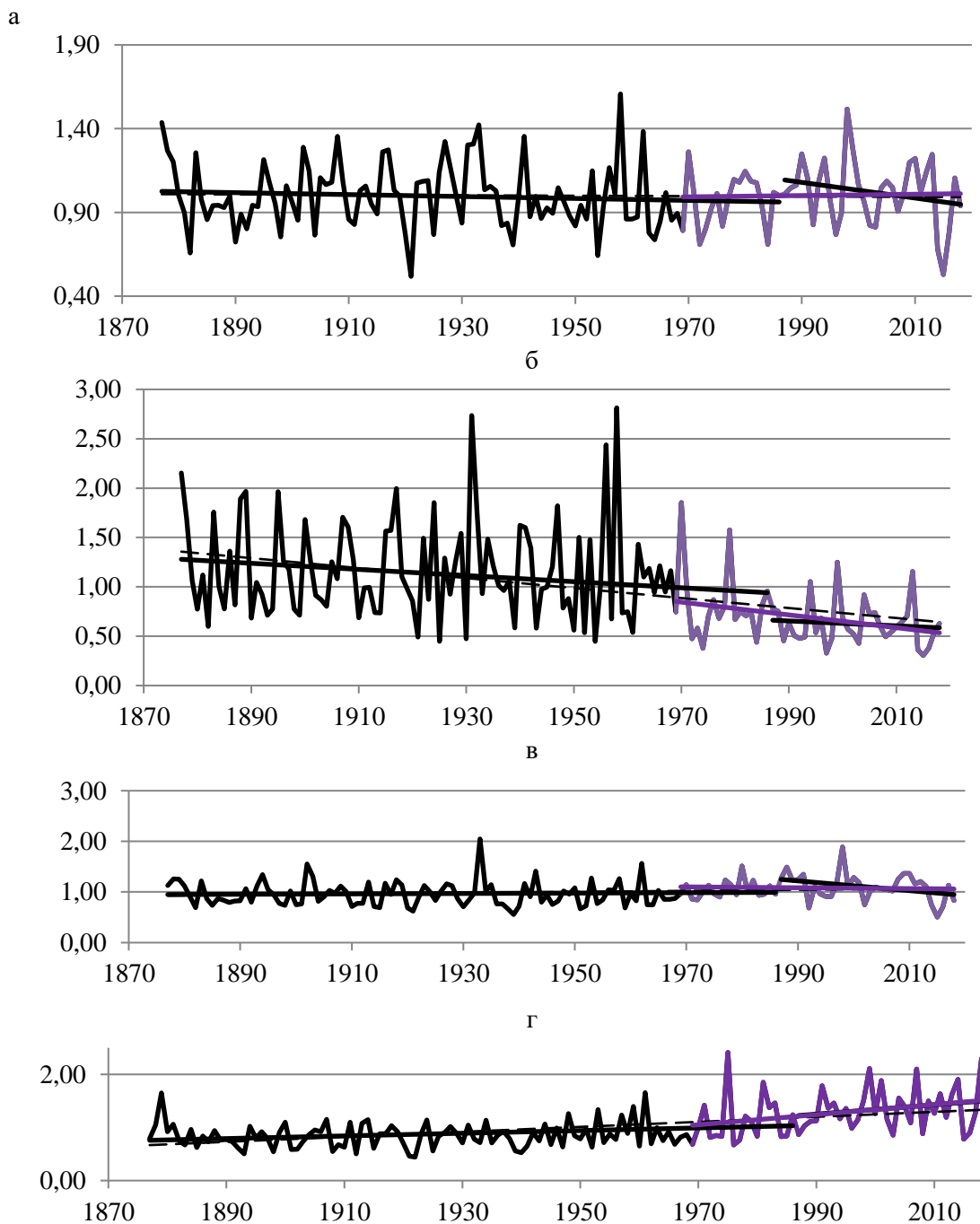


Рис. 2. Динамика модулей стока воды рек Беларуси: а) – годовых; б) – максимальных весеннего половодья; в) – минимальных летне-осенних; г) – минимальных зимних (сост. автором)

Особенно это актуально в связи с тем, что одним из наиболее негативных последствий изменения климата для речного стока является возможное увеличение частоты и интенсивности неблагоприятных метеорологических и гидрологических явлений. К этим явлениям относятся ливни, засухи, поздние заморозки, наводнения, обусловленные дождевыми паводками и весенними половодьями, особенно при соединении факторов таяния снега и осадков в виде мокрого снега и дождя, а также возможного увеличения продолжительности половодья.

Таблица 2

Прогноз изменения поверхностного стока до 2035 года для бассейнов основных рек Беларуси, в % от современного состояния (сост. автором)

Река – населенный пункт	Зима	Весна	Лето	Осень	среднегодовой
Припять – Мозырь	0,23	1,60	-20,63	-2,40	-5,30
<i>В среднем по бассейну:</i>	<i>-1,33</i>	<i>-6,47</i>	<i>-24,57</i>	<i>-8,46</i>	<i>-10,23</i>
Неман – Гродно	22,08	8,12	9,79	-1,91	8,66
<i>Среднее по бассейну:</i>	<i>19,76</i>	<i>6,78</i>	<i>1,45</i>	<i>-7,40</i>	<i>4,75</i>
Двина – Витебск	10,63	10,47	24,17	2,80	9,20
<i>Среднее по бассейну:</i>	<i>10,64</i>	<i>9,35</i>	<i>21,39</i>	<i>1,12</i>	<i>8,92</i>
Днепр – Орша	0,60	-1,10	-10,23	3,37	-1,80
Днепр – Речица	22,17	6,30	0,10	-12,43	4,00
Березина – Бобруйск	4,30	-18,37	-2,07	-10,8	-6,70
<i>В среднем по бассейну:</i>	<i>4,28</i>	<i>-4,47</i>	<i>-12,14</i>	<i>-8,48</i>	<i>-5,21</i>

Усиление неравномерности внутригодового перераспределения стока и увеличение рисков наводнений, обусловленных резкими оттепелями в зимний период, более ранним наступлением весеннего половодья и увеличением интенсивности дождевых паводков может привести к увеличению рисков экстремальных явлений.

Проблема возникновения маловодных периодов, приводящих к засухам, также актуальна для бассейнов рек Республики Беларусь. Хотя в настоящее и будущее время нет явных предпосылок для возникновения дефицита водных ресурсов, тем не менее, повышается вероятность наступления длительных маловодных периодов. Во время маловодных периодов может произойти ухудшение экологического состояния и рекреационного потенциала поверхностных водных объектов и прилегающих территорий, изменение гидрогеологического режима грунтовых вод, истощение почвенного покрова в пойме и т. п.

Кроме того, за счет возможного увеличения частоты и продолжительности засушливых периодов повышаются риски существенного уменьшения стока малых рек со снижением в них уровня воды, ухудшением ее качества и уменьшением рекреационного потенциала этих рек.

Прогнозируемое потепление климата вызовет изменения водного режима рек, поэтому разработка и реализация мер по адаптации к изменению климата в части совершенствования управления водными ресурсами является актуальной задачей [6].

Учитывая исключительную значимость проблемы необходима широкая кооперация усилий ученых по изучению, прогнозированию и управлению режимом и ресурсами вод Беларуси. Важно также развитие международного сотрудничества по этой проблеме путем совместного выполнения научных исследований, обмена информацией, включая разработку водных проектов.

Библиографические ссылки

1. Волчек А.А., Сидак С.В., Парфомук С.И. Пространственно-временная структура среднемноголетнего годового стока рек Беларуси // Вестник Брестского государственного технического университета. № 2 (125). 2021. С. 75 – 80.

2. Волчек А.А., Парфомук С.И. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. №1. 2009. С. 22 – 30.

3. Логинов В.Ф., Волчек А.А., Шведовский П.В. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов. – Брест: Изд-во БГТУ, 2004. 301 с.

4. Атлас глобальных и региональных климатических прогнозов (на английском языке)// Материалы МГЭИК, с.1350-1353. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

5. Волчек А.А., Корнеев В.Н., Парфомук С.И., Булак И.А. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / Под общ. ред. А.А. Волчека, В.Н. Корнеева. Брест : Альтернатива. 2017. 228 с.

6. Управление трансграничным бассейном Днепра: Суббассейн реки Припяти : монография / под ред. А.Г. Ободовского, А.П. Станкевича, С.А. Афанасьева. – К.: Кафедра, 2012.