

- [1] Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. (Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00). – 2001 г.
- [2] Вуглинский В.С., Гронская Т.П., Силина Н.И., Варфоломеева И.Н., Макарова С.В. Экологическое состояние внутренних водоемов Санкт-Петербурга // Разведка и охрана недр. – 1998. № 7-8. – С. 44-46.
- [3] Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Микробиологические индикаторы эвтрофирования пресных водоёмов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. – СПб: ЛЕМА, 2007. – С. 176-181.
- [4] Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. – М. Наука, 1989. – 285 с.
- [5] Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений (ред. В.А. Абакумов). – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
- [6] Санитарно микробиологический анализ питьевой воды. Методические указания (МУК 4.2.1018-01). – 2001 г.
- [7] Hobbie L.E. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy / Hobbie L.E., R.I. Daley & S. Jasper // Appl. and Environ. Microb. – 1977. 33(5). – С. 1225-1228.

**S u m m a r y.** The mesotrophic status of the Duderhoff lakes did not change over the period of 1989 to 2014 years as indicated by total bacterial density. Total plate counts correspond to the pure quality, with the exception of Autumn 1998 («moderately polluted»). The number of faecal indicator bacteria within the Duderhoff and Bezymyannoye lakes did not exceed the normative.

## **ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛАРУСИ И ИХ РЕГУЛИРОВАНИЕ**

И.И. Кирвель\*, А.А. Волчек\*\*, С.И. Парфомук\*\*, П.И. Кирвель\*\*\*

\**Поморская Академия, г. Слупск, Польша, kirviel@yandex.ru*

\*\**Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь, volchak@tut.by*

\*\*\**Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь, pavelkirviel@yandex.by*

## **WATER RESOURCES OF BELARUS AND THEIR REGULATION**

I.I. Kirvel\*, A.A. Volchak\*\*, S.I. Parfomuk\*\*, P.I. Kirvel\*\*\*

\**Pomeranian Academy, Slupsk, Poland*

\*\**Brest State Technical University, Brest, Belarus*

\*\*\**Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus*

**Аннотация.** Уточнены поверхностные водные ресурсы Беларуси за период 1956-2015 гг. Установлено перераспределение водных ресурсов по бассейнам основных рек и административным областям. Выполнено построение карты среднегодового модуля стока рек Беларуси. Исследован вопрос регулирования стока рек искусственными водоемами. Вычислены коэффициенты снижения стока в годовом исчислении для различной обеспеченности.  
**Ключевые слова:** *сток, водные ресурсы, регулирование, водоем, водохранилище.*

### **Введение**

Водным ресурсам присуща динамика, а их комплексное и рациональное использование невозможно без прогноза колебаний и изменений во времени.

Характер колебаний водных ресурсов определяется климатическими факторами, но начиная со второй половины XX века, роль антропогенной составляющей в ряде случаев становится соизмеримой с природными воздействиями. Таким образом, можно констатировать, что конец XX – начало XXI века характеризуется направленной климатической изменчивостью и повышением антропогенной нагрузки на сток рек, особенно малых. Это не могло не сказаться на факторах формирования стока малых рек, их гидрологическом режиме и гидроэкологическом состоянии. При этом исследование водных ресурсов является актуальной задачей по всему миру [1, 2].

Территория Беларуси находится в зоне достаточной увлажненности. Неравномерность распределения водных ресурсов на территории страны и в течение года является причиной многих проблем в водном хозяйстве. В этих условиях регулирование стока водотоков за счет удержания его накопления в многочисленных прудах и водохранилищах является наиболее приемлемым способом обеспечения необходимого запаса воды. Искусственные водоемы представляют собой основу разведения рыбы, орошения, энергетики, рекреации и т.д. Ранее была выполнена оценка водных ресурсов Республики Беларусь в начале текущего столетия [3, 4].

Количественная оценка степени регулирования стока рек за счет искусственных водоемов необходима для определения целесообразности его дальнейшего регулирования и определения схем землепользования. При этом необходимо соблюдение условия, что общий объем искусственных водоемов в бассейне малой реки не должен превышать 70% годового стока при 95% обеспеченности [5]. Только при таком подходе к регулированию стока возможно сохранение свойств природных данных водных объектов.

Учитывая изменчивость характеристик стока во времени, а также увеличение числа искусственных водоемов, возникает необходимость анализа водных ресурсов Беларуси и уточнения параметров регулирования стока.

### **Объекты и методы**

Исходными данными для исследований послужили материалы наблюдений за различными видами стока по действующим гидрологическим постам Беларуси за период инструментальных наблюдений по 2015 год включительно, опубликованные в материалах государственных кадастров. При необходимости непрерывных интервалов данных за начало расчетного периода принимался 1945 год – время послевоенного восстановления наблюдений на гидрологической сети.

Территория Беларуси насчитывает в настоящее время 20781 рек, около 11 тысяч озер, 151 водохранилище и 1306 прудов. Общая длина рек составляет 90631 км. Однако 19291 рек от их общего количества – это малые реки, длина которых не превышает 10 км. Средняя плотность речной сети составляет 0,44 км/км<sup>2</sup>. Максимальные значения характерны для севера страны, где она достигает 0,60-0,80 км/км<sup>2</sup>. Минимальные значения отмечены на юге Беларуси.

Сток рек Беларуси уменьшается в направлении с севера на юг. Это связано с уменьшением в этом направлении стока воды весеннего половодья и увеличением испарения в теплое время года. Наиболее благоприятными условиями увлажнения бассейнов рек обладает северо-восток страны. Для этой территории характерны модули стока 8 л/(с·км<sup>2</sup>).

Существующие в настоящее время в стране искусственные водоемы в разной степени влияют на систему стока рек. До недавнего времени считалось, что пруды и малые водохранилища уменьшают сток регулируемых ими водных объектов за счет повышенного испарения с их поверхности воды. Однако исследования водного баланса, сделанные рядом авторов на небольших озерах и водохранилищах лесной зоны, показали увеличение стока на регулируемых водных объектах в большинстве случаев [6, 11]. Увеличение стока на участке искусственных водоемов осуществляется за счет бокового притока, осадков на зеркало воды и притока грунтовых вод. При условии их каскадного размещения увеличение стока связано также с наличием фильтрационных вод с вышерасположенных водоемов [10]. Поэтому рекомендуется использовать коэффициент уменьшения стока для оценки влияния искусственных водоемов [8]. Его значение вычисляется по формуле:

$$R = \frac{W}{Q_e} = 1 - \frac{W}{W + Q_3} = \frac{Q_3}{Q_e} \quad (1)$$

где  $Q_e$  – объем естественного стока, млн. м<sup>3</sup>;  $Q_3$  – объем зарегулированного стока, млн. м<sup>3</sup>;  $W$  – объем ежегодного забора из естественного стока млн. м<sup>3</sup>.

### Обсуждение результатов

Одна из последних фундаментальных работ по оценке состояния поверхностных вод Беларуси опубликована в 1996 г. [9]. В течение последних двадцати лет водные ресурсы страны были подвержены трансформации в силу воздействия естественных и антропогенных факторов на сток. Уточненные поверхностные водные ресурсы Беларуси за период с 1956 по 2015 гг. и данные о трансформации стока на исследуемом 60-летнем интервале по отношению к периоду инструментальных наблюдений до 1996 г. по бассейнам основных рек Беларуси приведены в таблице 1.

Таблица 1

Естественные ресурсы речных вод Беларуси по бассейнам основных рек в 1956-2015 гг. (числитель) и изменение стока по отношению к периоду до 1996 г. (знаменатель)

Речной бассейн	Речной сток, км <sup>3</sup> /год									
	местный					общий				
	Обеспеченность, %					Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95	5	25	50	75	95
Западная Двина	<u>10,6</u>	<u>7,8</u>	<u>6,9</u>	<u>5,5</u>	<u>4,4</u>	<u>22,3</u>	<u>16,4</u>	<u>14,1</u>	<u>11,6</u>	<u>9,0</u>
	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4
Неман	<u>8,0</u>	<u>6,7</u>	<u>6,2</u>	<u>5,4</u>	<u>4,9</u>	<u>8,1</u>	<u>6,8</u>	<u>6,3</u>	<u>5,5</u>	<u>5,0</u>
	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3
Виляя	<u>2,9</u>	<u>2,4</u>	<u>2,1</u>	<u>1,8</u>	<u>1,4</u>	<u>2,9</u>	<u>2,4</u>	<u>2,1</u>	<u>1,8</u>	<u>1,4</u>

	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,4
Западный Буг	<u>2,8</u>	<u>1,6</u>	<u>1,3</u>	<u>0,9</u>	<u>0,7</u>	<u>2,8</u>	<u>1,6</u>	<u>1,3</u>	<u>0,9</u>	<u>0,7</u>
Припять	<u>11,2</u>	<u>7,6</u>	<u>6,6</u>	<u>5,0</u>	<u>3,5</u>	<u>23,9</u>	<u>16,8</u>	<u>14,4</u>	<u>11,0</u>	<u>8,3</u>
Днепр	<u>16,3</u>	<u>11,8</u>	<u>11,0</u>	<u>9,5</u>	<u>7,8</u>	<u>28,2</u>	<u>20,3</u>	<u>18,7</u>	<u>15,6</u>	<u>13,1</u>
в т.ч.:										
Березина	<u>6,3</u>	<u>5,0</u>	<u>4,5</u>	<u>4,0</u>	<u>3,4</u>	<u>6,3</u>	<u>5,0</u>	<u>4,5</u>	<u>4,0</u>	<u>3,4</u>
Сож	<u>4,9</u>	<u>3,4</u>	<u>3,0</u>	<u>2,4</u>	<u>1,8</u>	<u>10,6</u>	<u>7,6</u>	<u>6,6</u>	<u>5,4</u>	<u>4,4</u>
В целом по Беларуси	<u>51,8</u>	<u>37,9</u>	<u>34,1</u>	<u>28,1</u>	<u>22,7</u>	<u>88,2</u>	<u>64,3</u>	<u>56,9</u>	<u>46,4</u>	<u>37,5</u>
	0,3	0,4	0,1	-0,2	-0,1	1,1	0,9	0,7	0,2	1,2

Суммарные поверхностные ресурсы Беларуси практически не изменились. В то же время произошло перераспределение естественных водных ресурсов по бассейнам основных рек. Наряду с увеличением стока Припяти и незначительным ростом водности Западной Двины отмечено уменьшение поверхностных вод остальных речных систем страны за последние годы. Отмечен рост ресурсов поверхностных вод Брестской и Гомельской областей, а для Гродненской области характерно уменьшение водных ресурсов ввиду снижения водности Немана и Вилии.

С целью уточнения водных ресурсов Беларуси построена карта среднегодового модуля стока рек Беларуси, представленная на рисунке 1. При построении учитывались данные с 1956 по 2015 гг. по действующим гидрологическим постам. Количество использованных постов является достаточным для корректного отображения информации о годовом стоке на территории Беларуси.

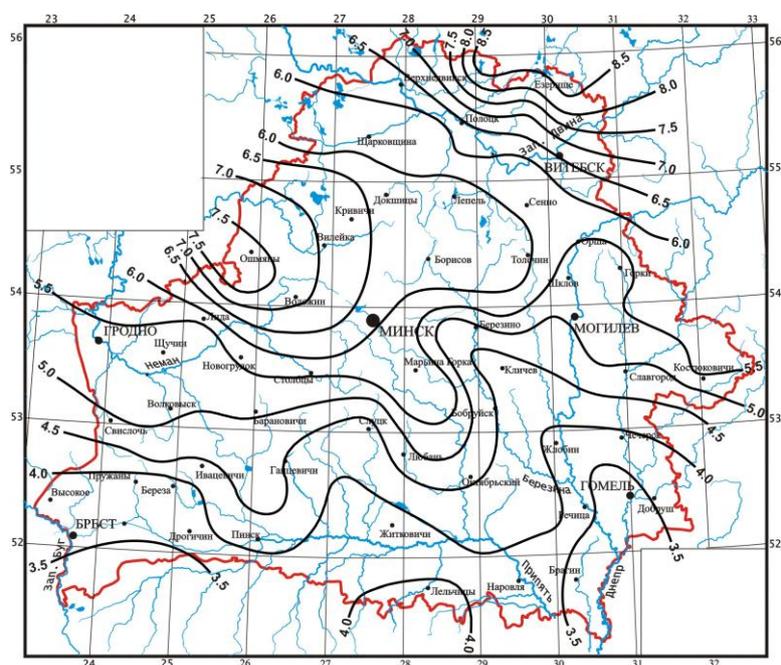


Рис. 1. Карта среднего годового стока рек Беларуси за период 1956–2015 гг., л/(с·км<sup>2</sup>).

Далее нами было исследовано влияние водохранилищ и прудов на сток рек Беларуси. Искусственные водоемы играют значительную роль, решая задачу не только аккумуляторов стока, но и его перераспределение во времени. Результаты расчетов регулирования стока искусственными водоемами для бассейнов рек Беларуси приведены в таблице 2.

Таблица 2

Регулирование речного стока рек Беларуси искусственными водоемами  
(в числителе – водохранилища; в знаменателе – пруды).

Параметр	Речной бассейн					В целом по Беларуси
	Западная Двина	Неман (с Вилией)	Западный Буг	Днепр	Припять	
Объем водоемов, млн. м <sup>3</sup>	<u>1708.96</u> 34.39	<u>313.27</u> 86.97	<u>65.26</u> 40.03	<u>458.80</u> 129.72	<u>585.36</u> 263.29	<u>3131.65</u> 560.4
Годовой объем стока (млн. м <sup>3</sup> ) различной обеспеченности						
50%	14100	8400	1300	18700	14400	56900
95%	9000	6400	700	13100	8300	37500
Относительная емкость искусственных водоемов (%) для стока различной обеспеченности						
50%	<u>12.1</u> 0.2	<u>3.7</u> 1.0	<u>5.0</u> 3.1	<u>2.5</u> 0.7	<u>4.1</u> 1.8	<u>5.5</u> 1.0
95%	<u>19.0</u> 0.4	<u>4.9</u> 1.4	<u>9.3</u> 5.7	<u>3.5</u> 1.0	<u>7.1</u> 3.2	<u>8.4</u> 1.5
Коэффициент снижения стока в годовом исчислении (%) для различной обеспеченности						
50%	<u>0.88</u> 0.99	<u>0.96</u> 0.99	<u>0.97</u> 0.98	<u>0.97</u> 0.99	<u>0.95</u> 0.98	<u>0.95</u> 0.99
95%	<u>0.80</u> 0.99	<u>0.95</u> 0.98	<u>0.96</u> 0.97	<u>0.96</u> 0.98	<u>0.92</u> 0.96	<u>0.91</u> 0.98

\*Наиболее существенное влияние на изменение стока оказывают водохранилища (до 10% от годового объема стока), в меньшей степени пруды (1-1,5%).

## Выводы

Дана количественная оценка водных ресурсов Республики Беларусь. Установлено перераспределение поверхностных водных ресурсов по бассейнам основных рек и административным областям, в то время как суммарные естественные ресурсы речных вод страны практически не изменились. Изменения объемов стока рек и гидрологического режима в современных условиях вызваны усилением интенсивности общей циркуляции атмосферы, что подробно рассмотрено в работе [7]. Построена уточненная карта модуля стока рек Беларуси.

Водоохранилища и пруды оказывают незначительное влияние на регулирование стока рек Беларуси, при этом можно сделать вывод, что объем искусственных водоемов можно увеличить в несколько раз. Однако при регулировании стока необходимо учитывать экологическую составляющую. Соответствующим критерием может служить объем (кубатура) речного стока водоемов.

## Литература

[1] Eum H-I, Dibike Y, Prowse T. Comparative evaluation of the effects of climate and land-cover changes on hydrologic responses of the Muskeg River, Alberta, Canada. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 8. 2016. – P. 198-221.

- [2] *Falter D, Schroter K, Dung NV, Vorogushyn S, Kreibich H, Hundecha Y, Apel H, Merz B.* Spatially coherent flood risk assessment based on long-term continuous simulations with a coupled model chain. *J. Hydrol* 524. 2015. – P. 1182-193.
- [3] *Volchak A, Kirvel I, Parfomuk S, Makhambetova R.* The present-day condition of water resources in Belarus // *Limnological Review*. – 2013. № 4. – P. 221-227.
- [4] *Volchak A, Kirvel I, Parfomuk S.* The changes of water resources in Belarus // *Geography in the face of the modern world challenges*. – Krakow, 2016. – P. 63-72.
- [5] *Булавко А.Г., Плужников В.Н.* Использование водных ресурсов Белоруссии в сельском хозяйстве. – Мн.: Ураджай, 1982. – 103 с.
- [6] *Кирвель И.И.* Пруды Беларуси как антропогенные водные объекты, их особенности и режим. – Мн.: БГПУ, 2005. – 234 с.
- [7] *Логинов В.Ф., Волчек А.А.* Водный баланс речных водосборов Беларуси. – Минск: Тонпик, 2006. – 160 с.
- [8] Методические указания управлениям Гидрометслужбы, № 50, ГГИ. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 34 с.
- [9] *Плужников В.Н., Фадеева М.В., Бучурин В.И.* Водные ресурсы Беларуси, их использование и охрана. *Природные ресурсы*. № 1. 1996. – С. 24.
- [10] *Прыткова М.Я.* Осадконакопление в малых водохранилищах. 1981. – 152 с.
- [11] *Прыткова М.Я., Широков В.М.* Проблемы создания, эксплуатации и восстановления малых водохранилищ. // *Водные ресурсы*. 1991, № 6. – С. 144-153.

**S u m m a r y.** The surface water resources of Belarus for the period 1956-2015 were specified. The redistribution of water resources in the basins of the main rivers and administrative regions was investigated. The map of the average annual runoff of rivers in Belarus was constructed. The issue of river runoff regulation by artificial reservoirs is investigated. The reduction factors of the annual runoff for various probabilities were calculated.

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ЛЕТНЕГО БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКОВ В БАССЕЙНАХ ГОРНЫХ РЕК**

В.Г. Коновалов\*, Е.П. Рец\*\*, Н.А. Пиманкина\*\*\*

\*Институт географии РАН, г. Москва, [vladgeo@gmail.com](mailto:vladgeo@gmail.com)

\*\*Институт водных проблем РАН, г. Москва, [retska@mail.ru](mailto:retska@mail.ru)

\*\*\*Институт географии, Казахстан, г. Алматы, [pimankina@mail.ru](mailto:pimankina@mail.ru)

## **HYDROLOGICAL ESSENCE OF GLACIER'S SUMMER MASS BALANCE IN MOUNTAIN RIVER BASINS**

V.G. Konovalov\*, E.P. Rets\*\*, N.A. Pimankina\*\*

\*Institute of geography, RAS, Moscow

\*\*Institute of Water Problems, RAS, Moscow

\*\*\*Institute of geography, Kazakhstan, Almaty

**Аннотация.** Анализ измерений в бассейнах горных рек летнего баланса массы  $B_s$  на 65 континентальных ледниках Земли в 16 странах за 1946-2003 гг. выполнен с целью: изучения физически обоснованных связей между речным стоком  $W_{bas}$  и  $B_s$ , проверки модельных значений  $W_{bas}$ , применения временных рядов  $B_s$  для оценки норм и экстремумов  $W_{bas}$ .

**Ключевые слова:** летний баланс массы, ледниковый сток, репрезентативные ледники, экстремумы и норма многолетних рядов