

**СТОК РЕК НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА
«БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА».
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ**

**Волчек А. А., Кухаревич М. Ф., Парфомук С. И.,
Сидак С. В., Шешко Н. Н., Шпендик Н. Н.**

Брестский государственный технический университет, г. Брест

The article presents the main hydrological characteristics of the rivers of the Belovezhskaya Pushcha National Park. Predictive estimates of changes in river flow for the period up to 2035 are given.

Введение. Беловежская пушта является уникальным и крупнейшим лесным массивом, типичным для равнин Средней Европы. Под лесом 86 % территории. Преобладают сосновые леса (59,3 %) - главным образом черничные и мшистые. Рельеф на территории пушты - равнинный. Почвы - преимущественно дерново-подзолистые.

По климатическому районированию Беловежская пушта относится к южной теплой неустойчиво влажной зоне Беларуси, занимая ее западную окраину в пределах Пружанско-Брестского агроклиматического района. Здесь самая короткая и теплая в Беларуси зима, самый продолжительный вегетационный период и наибольшая теплообеспеченность территории.

По данным многолетних (1948-2010 гг.) наблюдений Каменюкской метеостанции, расположенной на территории пушты, средняя годовая температура воздуха равна 6,8 °С. Наиболее теплым месяцем является июль (17,8 °С), наиболее холодным - январь (-4,4 °С). Максимальная и минимальная температуры достигают значений в 36,4 °С и -40,1°С, соответственно.

Устойчивый снежный покров лежит не более 50-60 дней, в 20 % случаев зимы бесснежные. Период с температурой воздуха ниже 0 °С длится около 100-110 дней. Устойчивый период со среднесуточной температурой воздуха выше 0°С составляет около 260 дней.

Атмосферных осадков выпадает в среднем 659 мм в год, в том числе около 430 мм в теплый период (апрель-октябрь).

Суммарное поступление солнечной радиации - около 410 Дж/см². При высокой теплообеспеченности район характеризуется дефицитом влажности воздуха, средний показатель которого за май-июль

составляет 6,7-6,8 мб. Коэффициент увлажнения за теплый период равен 0,8, что является наиболее низкой величиной на территории Беларуси и свидетельствует о несоответствии между испаряемостью и количеством осадков. В целом, климат пуши близок к центрально-европейскому.

Национальный парк «Беловежская пуца» расположен в восточной части бассейна Вислы, на водосборах рек Нарева и Лесной (Левой и Правой). Вблизи северной и северо-восточной его границ проходит водораздел между Балтийским и Черным морями. Недалеко от северной окраины пуши берут начало притоки Немана - Свислочь и Россь, а у северо-восточной окраины находится исток Ясельды - притока Припяти, впадающей в Днепр. В юго-восточных пределах пуши проходит водораздел между бассейнами двух притоков Буга - Левой Лесной и Мухавца [3,4]. В северной части пуши исключительно важную роль в регулировании гидрологического режима играет р. Нарев, берущая начало в болотах урочища «Дикое». В южной части Национального парка главными водными артериями являются реки Правая Лесная и Левая Лесная. Правая Лесная берет свое начало на территории Польши, течет в юго-восточном направлении через южную часть Национального парка и на его границе сливается с Левой Лесной, образуя реку Лесную, которая впадает в Западный Буг севернее г. Бреста. Истоки Левой Лесной находятся на территории Национального парка (Шерешевское лесничество). Протекая вначале в юго-восточном направлении, Лесная Левая затем поворачивает на юго-запад и является юго-восточной границей Национального парка. Остальные реки берут свое начало в основном на территории Национального парка и впадают в р. Нарев, р. Левую Лесную и р. Правую Лесную. Естественных озер на территории Национального парка нет. В результате гидромелиоративных работ, проведенных в предыдущих десятилетиях, создано несколько достаточно крупных искусственных водоемов: Лядское, Хмелевское, Сипурка, Переровница и Колонна. Водные ландшафты в значительной степени влияют на нормальное функционирование геосистемы Беловежской пуши, так как от них зависит сохранение естественного водно-энергетического баланса. К водным ландшафтам относятся болотные массивы, заболоченные леса и луга, которые влияют на формирование стока находящихся на территории пуши водных объектов. Рациональное управление водными ресурсами может быть реализовано только при наличии полной, унифицированной, достоверной и своевременной

информации о состоянии и тенденциях изменения водных экосистем или их отдельных компонентов. Системами, обеспечивающими все уровни управления водными ресурсами для определения стратегии природопользования и принятия оперативных решений, являются геоинформационные системы (ГИС) [18,19].

Конец XX 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 экологическом состоянии. Кроме того, воздействия антропогенных факторов на водный режим рек имеют как разнонаправленный характер, что компенсирует влияние, так и однонаправленный, что усиливает трансформацию водного режима.

Цель настоящего исследования - определить основные гидрологические характеристики рек национального парка «Беловежская пушта» в границах Республики Беларусь и дать прогнозные оценки колебаний стока рек на перспективу до 2035 года.

Материалы и методы исследования. Методологической основой исследований явились научные положения о стохастической природе речного стока, что позволило применить статистические методы анализа временных рядов. Использованы методы водного и теплоэнергетического баланса, математического моделирования. Системный анализ накопленной информации и сравнительно-географический метод позволили синтезировать и объективно оценить закономерности пространственно-временных колебаний водных ресурсов Национального парка «Беловежская пушта». По территории Беловежской пушты протекает большое количество малых рек и ручьев, однако регулярных гидрологических наблюдений для объективной оценки водных ресурсов недостаточно. Поэтому нами использованы данные гидрологических наблюдений по рекам, не только расположенным на территории Национального парка, но и в непосредственной близости, на которых ведутся или велись гидрометрические наблюдения, а именно: р. Зельвянка в створе д. Пески, р. Ясельда в створе д. Хорева, р. Рудавка в створе д. Рудня, р. Росс в створе д. Студенец, р. Нарев в створе д. Немержа, р. Лесная в створе д. Замосты. Для исследования использованы следующие гидрологические данные по расходам воды: среднегодовые, среднемесячные, максимальные весеннего половодья, максимальные дождевых паводков, летне-осенняя и зимняя межень по постам за

период с 1946 по 2018 г. включительно. Пропущенные данные в рядах наблюдений восстановлены с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов с учетом наличия синхронности в колебаниях речного стока расчетного створа и рек-аналогов с помощью программного комплекса «Гидролог - 2» [8, 10]. По этим рекам, согласно ТКП 45-3.04-168-2009, определены расчетные гидрологические характеристики с использованием аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения, в частности трехпараметрического гамма-распределения. На начальном этапе проведена оценка однородности рядов гидрологических наблюдений на основе генетического и статистического анализов исходных данных наблюдений [10,15]. По рядам гидрологических наблюдений методом наибольшего правдоподобия определены следующие оценки параметров аналитических кривых распределения: среднее многолетнее значение расходов воды Q , коэффициент вариации C_v и отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации CJC_v . Для оценки тенденций в колебаниях стока использовались математические модели в виде линейных трендов. Количественные показатели этих изменений оценивались градиентом, который численно равен коэффициенту регрессии (a) умноженному на 10 лет, т. е. $a=a*10$ лет [5]. Для рек, по которым отсутствовали данные гидрологических наблюдений, использовались региональные методы расчета гидрологических характеристик, основанные на результатах обобщения данных гидрометеорологических наблюдений в районе исследования с учетом влияния местных факторов [10, 15]. Использование региональных методик определения основных гидрологических характеристик предусматривает определение ряда гидрографических характеристик водосборов: площадь водосбора, км²; протяженность реки, км; средняя высота водосбора, м; средний уклон русла, ‰; заозеренность, залесенность и заболоченность водосбора, %, которые определялись с помощью ГИС-технологий [17]. В основу ГИС гидрографической сети территории Национального парка «Беловежская пушта» положены существующие картографические материалы. Детально данная методика и результаты ее использования описаны в работе [17].

В настоящее время для прогнозирования стока рек используются методы, основанные на применении математических моделей [1, 9, 16]. Перспективно использование метода нейронных сетей при прогнозировании речного стока [13]. Прогнозируемое потепление климата повлечет изменения стока рек Беларуси [12], в том

числе и рек Национального парка «Беловежская пуца». Поэтому необходимо создание новых и использование существующих моделей прогнозирования изменения стока, учитывающих природно-климатические изменения, а также степень антропогенного воздействия на водные объекты, и адаптированных к условиям Беловежской пуцы.

Учитывая направленность и степень изменений гидрологического режима рек Беларуси вообще и рек Беловежской пуцы в частности, для прогноза изменений стока нами адаптирован метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), предложенный В. С. Мезенцевым и основанный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [14].

Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток времени имеет вид [7]:

$$H(I) = Z(I) + Y_K(I) \pm \Delta W(I) \quad (1),$$

где $H(I)$ – суммарные ресурсы увлажнения, мм; $Z(I)$ – суммарное испарение, мм; $Y_K(I)$ – суммарный климатический сток, мм; $\Delta W(I)$ – изменение влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов, мм; I – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по формуле:

$$Z(I) = Z_m(I) \left[1 + \left(\frac{\frac{Z_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}}{\frac{KX(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)} \right)^{n(I)} \right]^{\frac{1}{n(I)}} \quad (2),$$

где $Z_m(I)$ – максимально возможное суммарное испарение, мм; W_{HB} – наименьшая влагоемкость почвы, мм; $V(I) = \frac{W(I)}{W_{HB}}$ – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода; $KX(I)$ – сумма измеренных атмосферных осадков, мм; $g(I)$ – грунтовая составляющая водного баланса, мм; $r(I)$ – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов; $n(I)$ – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Относительная влажность почвы на конец расчетного периода определяется из соотношений

$$V(I+1) = V(I) \cdot \left(\frac{V_{cp}(I)}{V(I)} \right)^{r(I)} \quad (3);$$

$$V_{cp}(I) = \left(\frac{\frac{KX(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)}{\frac{Z_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}} \right)^{\frac{1}{r(I)}} \quad (4).$$

Максимально возможное суммарное испарение находится по методике, описанной в работе [6]. Суммарные ресурсы увлажнения определяются следующим образом:

$$H(I) = KX(I) + W_{HB}(V(I) - V(I+1)) \quad (5).$$

Решение системы уравнений (1)–(5) осуществляется методом итераций до тех пор, пока значение относительной влажности почвогрунтов на начало первого расчетного интервала не будет равно значению относительной влажности на конец последнего интервала. При расчете начальное значение влажности принимается равным значению наименьшей влагоемкости, т. е. $W(1) = W_{HB}$, откуда $V(1) = 1$. Сходимость решения метода ГКР достигается уже на четвертом шаге расчета.

Одной из основных проблем моделирования водного баланса малых рек с использованием массовых климатических данных является переход от рассчитанного климатического стока к русловому. Корректировка климатического стока осуществляется с помощью коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов на формирование руслового стока, т. е.

$$Y_p(I) = k(I) \cdot Y_K(I). \quad (6),$$

где $Y_p(I)$ – суммарный русловый сток, мм; $k(I)$ – коэффициент, учитывающий гидрографические характеристики водосбора.

Прогноз изменений стока рек на территории Беловежской пуши в соответствии с новейшими сценариями климатических вариаций реализован на основе метод ГКР. Для этого нами разработан блок прогнозирования изменений водного режима рек в будущем в условиях изменения климата в программном комплексе «Гидролог – 2», модуль «Баланс» [8, 11].

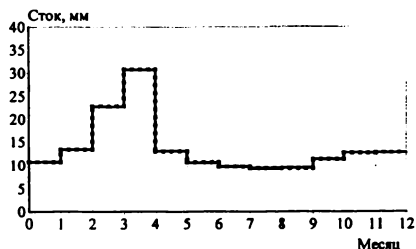
Постановка и проведение эксперимента сопряжены с рядом проблем, в частности трудоемкостью и большими финансовыми затратами. Кроме этого, очень сложно вычлениить влияние отдельных факторов, поэтому использование математических моделей является одним из путей решения задачи оценки трансформации водного режима рек.

146 I БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА. ИССЛЕДОВАНИЯ . выпуск 19

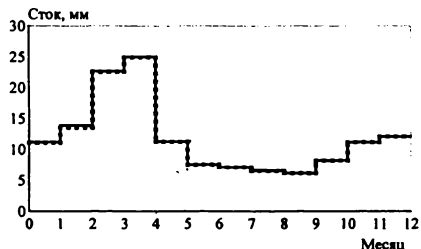
Применяя систему уравнений (1)-(5), изменяя параметры W_{hb} , g и ni используя автоматизированный комплекс, можно определить элементы водного баланса. Наименьшая влагоемкость почвы W_{HB} изменяется в пределах от 60 до 220 мм. Параметр g изменяется в пределах от 1 до 2,5, параметр n - от 2 до 3,4. При настройке модели преследовалась цель достичь наибольшего соответствия рассчитанного климатического и руслового стока реки. Примеры фрагментов промежуточных выходных документов автоматизированного комплекса по настройке модели представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 - Разница между измеренным речным и рассчитанным климатическим стоком, %

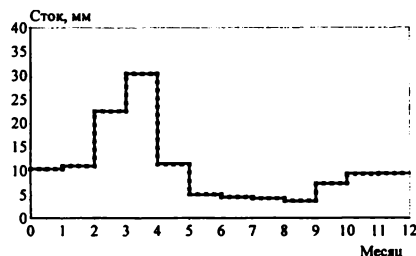
Водосбор	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Зельвянка - Пески	0	0,75	0,44	0,65	0	0,94	0,00	0,65	-0,84	0	0	0
Лесная - Зам осты	-0,89	-2,88	-0,44	-0,40	0,00	0,39	0,14	0,15	0	0,24	0	0
Нарев - Немержа	0	0	0	0	-0,87	0,40	0,23	0,48	1*39	-0,14	-0,96	0
Рудава - Рудня	0,52	0,51	0,80	0,27	0	-0,21	0,31	-0,16	-0,83	-0,21	0	0
Белая	-2,57	3,78	-0,54	-1,27	-0,74	0,36	0,20	-0,32	-1,33	-1,15	-0,20	0
Крапивница	0,35	1,22	-0,31	1,94	-0,17	0,29	0,25	0	-0,67	-0,43	0	0
Орлувка	-2,15	-5,41	-1,79	-2,92	-4,04	-0,13	0,23	0,38	23,3	-0,87	0,67	0
Плюсковка	-2,83	-0,59	-0,96	-1,56	-2,08	0,14	-0,24	-0,83	10,9	0,47	-0,37	0



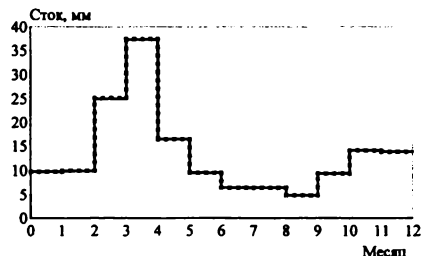
Зельвянка – Пески



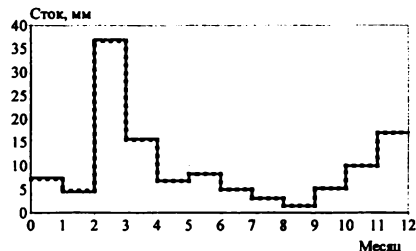
Лесная – Замосты



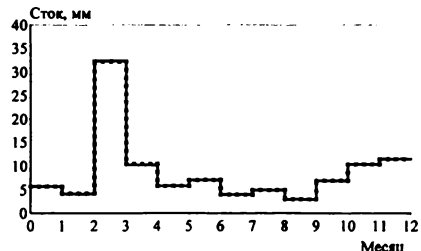
Нарев – Немержа



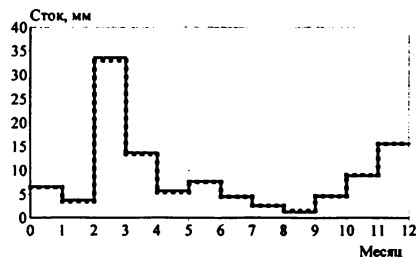
Рудава – Рудня



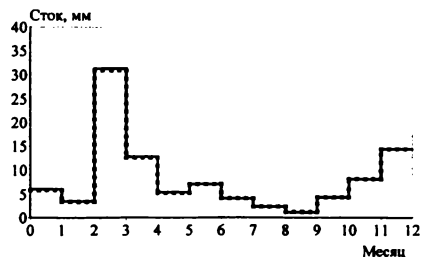
Белая



Кравпивница



Орлувка



Плюсковка

— русловой сток, — климатический сток

Рисунок 1 - Результаты настройки модели

Результаты моделирования свидетельствуют о высокой точности расчета водного баланса как для практического применения, так и для теоретических исследований, что проверено на большом количестве исследуемых рек.

Результаты и обсуждение. В таблице 2 приведены средние многолетние значения расходов воды годового стока, максимального стока весеннего половодья, максимального стока дождевых паводков, минимального летне-осеннего стока, минимального зимнего стока для рек Ясельда, Рудавка, Россь, Нарев, Лесная, Зельвянка за расчетный период с 1946 по 2018 г., а также коэффициенты вариации и параметры линейных трендов изменений стока.

Таблица 2 - Основные гидрологические характеристики рек Национального парка «Беловежская пуща»

Река	Створ	Вид стока	Норма, м ³ /с	Коэффициенты		Градиент, м ³ /с 10 лет
				вариации	корреляции	
Зельвянка	Пески	Годовой	9,18	0,23	0,01	-0,09
		Половодье	62,5	0,90	0,02	-12,83
		Паводок	14,3	0,52	0,16	-0,31
		Летне-осенний	3,28	0,44	0,33	0,01
		Зимний	4,26	0,33	0,22	0,21
Лесная	Замосты	Годовой	8,16	0,29	0,20	-0,17
		Половодье	48,4	0,82	0,20	-8,85
		Паводок	15,7	0,72	0,24	-2,42
		Летне-осенний	2,18	0,50	0,49	0,13
		Зимний	3,66	0,47	-0,02	0,28
Нарев	Немержа	Годовой	1,33	0,51	0,14	-0,04
		Половодье	12,4	1,02	-0,04	-2,60
		Паводок	2,64	0,64	0,23	-0,08

Окончание таблицы 2

Нарев	Немержа	Летне-осенний	0,17	0,83	0,11	-0,02
		Зимний	0,33	0,72	0,07	0,02
Россь	Студенец	Годовой	4,91	0,18	0,09	-0,06
		Половодье	36,9	1,20	-0,13	-9,79
		Паводок	6,00	0,40	0,13	0,10
		Летне-осенний	2,82	0,23	0,38	-0,05
		Зимний	3,22	0,27	0,25	0,13
Рудавка	Рудня	Годовой	0,645	0,35	0,18	-0,01
		Половодье	4,53	0,49	0,18	-0,55
		Паводок	2,07	0,73	0,12	-0,25
		Летне-осенний	0,100	0,87	0,10	0,01
		Зимний	0,174	0,70	-0,01	0,02
Ясельда	Хорева	Годовой	3,15	0,34	0,12	-0,10
		Половодье	11,8	0,53	0,13	-1,47
		Паводок	5,23	0,28	0,19	-0,06
		Летне-осенний	0,755	0,52	0,48	-0,01
		Зимний	1,75	0,50	0,53	0,27

Анализ полученных результатов показал, что за период инструментальных наблюдений имеет место некоторое уменьшение среднего годового стока рек Беловежской пуши. В то же время для всех рек отмечено уменьшение стока весеннего половодья и увеличение стока зимней межени. Средний многолетний сток дождевых паводков имеет тенденцию к незначительному уменьшению, а сток летне-осенней межени, наоборот, - к незначительному увеличению для большинства исследуемых рек. С использованием метода трехпараметрического гамма-распределения определены годовые расходы воды, характерные для очень многоводного года (обеспеченностью 5 %) и очень мало-водного года (обеспеченностью 95 %), а также для максимальных расходов воды весеннего половодья, максимальных расходов воды

150 I БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА- ИССЛЕДОВАНИЯ • выпуск 19

дождевых паводков, минимальных расходов летне-осенней и зимней межени (таблица 3).

Таблица 3 - Расходы воды рек Национального парка «Беловежская пушта» очень многоводных и очень маловодных лет, м³/с

Водность года	Вид стока				
	средний годовой сток	максимальный сток весеннего половодья	минимальный летне- осенний сток	минимальный зимний сток	максимальный сток дождевых паводков
р. Зельвянка -					
P= 5%	13,3	187	6,06	7,27	33,6
P=95%	7,06	21,3	1,31	1,98	7,87
р. Лесная -					
P=5 %	12,8	127	3,90	7,18	37,3
P=95%	5,21	10,5	0,663	1,53	4,63
р. Нарев -					
P= 5%	2,52	23,9	0,522	0,98	7,74
P= 95%	0,716	1,98	0,011	0,088	0,613
р. Россь -					
P=S %	5,95	74,4	3,79	4,97	8,70
P= 95%	4,10	2,92	1,83	2,65	4,65
р. Рудака -					
P= 5%	1,35	9,69	0,37	0,599	6,54
P= 95%	0,37	2,57	0,00	0,024	0,623
р. Ясельда -					
P= 5%	4,74	20,8	2,02	3,64	10,5
P=95 %	2,35	6,27	0,481	1,00	3,31

Для рек, на которых не ведутся регулярные гидрологические наблюдения, параметры распределения и расчетные значения определялись с помощью комплекса методов, а именно: водного баланса; гидрологической аналогии; осреднения в однородном районе; построения карт изолиний и др. [10,15]. Расчет среднегодовых расходов воды рек Национального парка «Беловежская пушта», а также годовые расходы очень многоводного и очень маловодного годов представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Характеристики рек Национального парка «Беловежская пушта»

Река	Водосбор			Норма стока, м³/с	Расход воды обеспеченностью	
	площадь, км²	залесен- ность, %	заболочен- ность, %		P=5%	P=95%
Белая	273,3	23,1	2,1	1,10	1,91	0,507
Березовка	24,7	21,2		0,077	0,126	0,039
Вишня	43,4	77,7	3,0	0,126	0,231	0,051
Гвозна	94,0	93,1	24,1	0,384	0,647	0,185
Гитка	13,3	99,5	1,8	0,038	0,065	0,018
ГУрицинка	9,6	56,3	2,7	0,039	0,061	0,021
Друнювка	40,4	69,1	14,8	0,143	0,241	0,069
Еленка	12,3	95,3	14,6	0,042	0,071	0,021
Злота	6,4	40,3	4,0	0,018	0,031	0,009
Зубрица	14,6	91,5	10,3	0,044	0,076	0,021
Калиновец	7,2	99,3	5,3	0,021	0,037	0,009
Колонна	93,8	52,0	15,4	0,478	0,771	0,247
Крапивница	39,1	43,4	2,8	0,137	0,227	0,068
Кулевка	9,9	96,6	18,8	0,034	0,058	0,017
Лесная Левая	435,0	54,3	6,0	1,48	2,61	0,646
Лесная Правая	409,6	63,2	8,0	1,57	2,74	0,705
Ломовка	17,3	57,8	1,6	0,061	0,099	0,031
Лошанка	35,9	19,4	0,0	0,126	0,207	0,064
Лужайка	47,4	19,4	17,1	0,113	0,206	0,046
Лутовка	82,5	92,0	7,3	0,316	0,542	0,147
Медянка	57,8	60,1	17,6	0,276	0,469	0,130
Муравка	5,8	31,9	4,3	0,018	0,031	0,008
Наревка	468,5	60,1	8,7	1,98	3,33	0,959
Немержанка	34,8	98,2	25,3	0,116	0,198	0,055
Ольховка	16,6	30,1	77,3	0,068	0,114	0,033
Орлувка	18,7	98,8	24,2	0,066	0,110	0,033
Переволока	33,2	96,6	17,0	0,098	0,167	0,047

Переделка	17,8	17,8		0,056	0,093	0,028
Песец	9,0	95,7	4,4	0,035	0,059	0,017
Плюсковка	96,8	97,2	22,1	0,332	0,595	0,137
Побойка	13,5	91,4	11,4	0,047	0,079	0,023
Полична	126,7	66,9	4,0	0,528	0,898	0,249
Поперечная	57,1	8,8	0,4	0,186	0,332	0,078
Пчелка	37,9	64,9	15,8	0,152	0,247	0,076
Сипурка	67,3	27,9	2,0	0,193	0,327	0,091
Соломенка	84,8	91,9	23,2	0,193	0,327	0,091
Станок	19,2	94,3	5,4	0,056	0,098	0,025
Точница	38,3	20,5	0,2	0,133	0,240	0,056
Тушемлянка	26,8	64,9	27,9	0,095	0,159	0,046
Хоровка	21,0	50,9	1,0	0,074	0,116	0,039
Щиба	124,7	44,3	2,9	0,652	1,03	0,353
Яменка	40,3	98,4	16,0	0,119	0,203	0,056
Ятвезь	55,0	29,1		0,186	0,305	0,098

Долгосрочные на период до 2035 г. сценарии изменения климата для бассейнов рек на территории Беловежской пуши получены путем расчетов по региональной климатической модели CCLM с использованием выходных данных глобальной климатической модели ECHAM5. Для прогнозирования изменения климата использованы два сценария - A1B и B1 с последующим уточнением за счет использования мультимодельного ансамбля из четырех сценариев CMIP5, предложенного Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 2013 году в Пятом докладе по изменению климата [2, 5].

Тенденция увеличения температуры воздуха сохранится и в будущем. Среднегодовая температура воздуха вырастет на 1,4-1,7 °C для различных климатических сценариев, с увеличением на 2,0-2,8 °C в зимний период и на 0,7-1,1 °C в летний. Также вероятно увеличение годового количества осадков в бассейне рек на территории Беловежской пуши. Более существенные изменения ожидаются в первой половине года, в то время как для летне-осеннего периода эти изменения будут не столь значительными. Вследствие значительного

повышения температуры воздуха в зимний период и изменения количества и состава осадков снежный покров в ближайшем будущем будет сокращаться.

Уточненные климатические прогнозы до 2035 г. для рек на территории Беловежской пуши, выполненные с использованием результатов мультимодельного ансамбля CMIP5, подтвердили прогнозные тенденции увеличения температуры воздуха и количества осадков в среднем по бассейну [20]. При этом выявлен незначительный рост температуры воздуха по сезонам. Повышение температуры воздуха в летний период будет большим, чем прогнозировалось по сценариям A1B и B1, и меньшим в зимний период. Максимальное повышение температуры воздуха ожидается в зимний период (рисунок 2).

Наибольшее количество осадков прогнозируется в холодное время года, а во второй половине лета, как и в начале осени, количество осадков будет меняться мало или даже незначительно уменьшится (рисунок 3).

На основании полученных прогнозных моделей климатических параметров осуществлялся прогноз изменений стока рек на территории Беловежской пуши на период до 2035 г. В основу численного эксперимента положена модель водного баланса исследуемых рек. Результаты настройки модели, представленные на рисунке 1, свидетельствует о корректности модели. Полученные параметры модели использованы при проведении численного эксперимента.

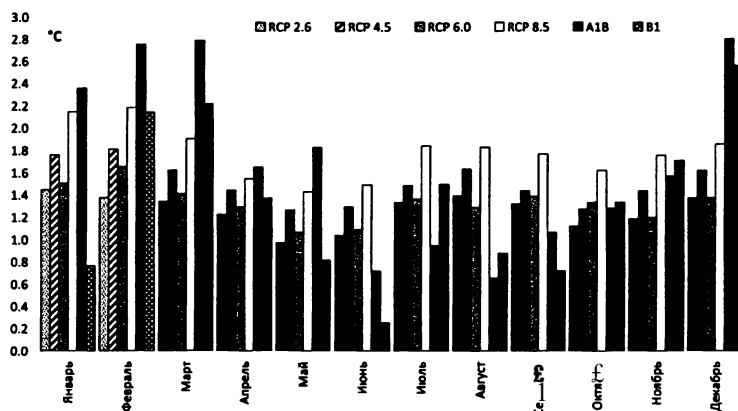


Рисунок 2 - Прогнозные оценки изменения температуры воздуха на территории Беловежской пуши с использованием мультимодельного ансамбля CMIP5 (по данным МГЭИК 2013 г.) и сценариев A1B и B1 (по данным МГЭИК 2007 г.)

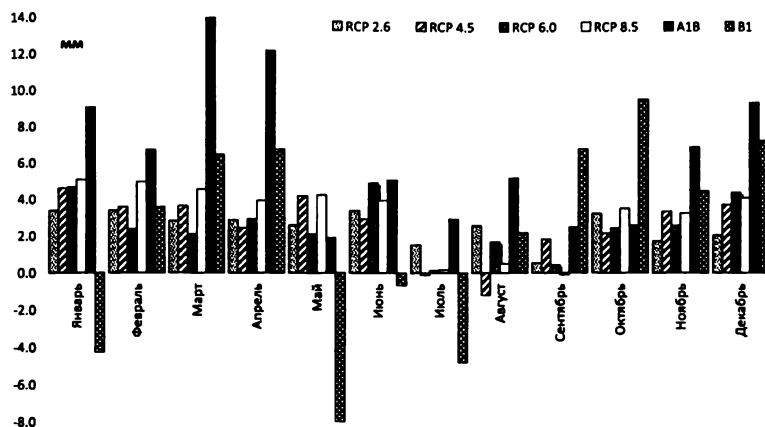


Рисунок 3 - Прогнозы изменения количества осадков с использованием мультимодельного ансамбля CMIP5 (по данным МГЭИК 2013 г.) и сценариев A1B и B1 (по данным МГЭИК 2007 г.)

На рисунке 4 представлены некоторые примеры прогнозных оценок, а в таблице 5 приведен обобщенный прогноз изменения стока рек на территории Беловежской пушчи.

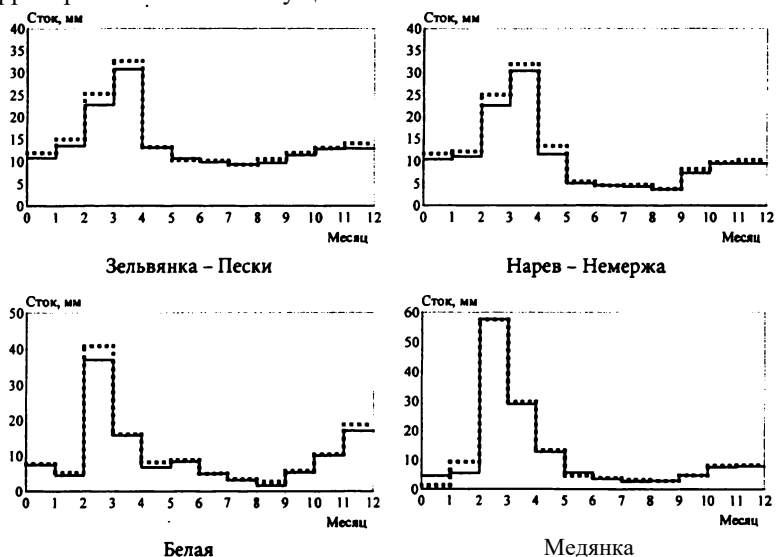


Рисунок 4 - Естественный и прогнозный сток рек на территории Беловежской пушчи

Таблица 5 - Прогноз изменения поверхностного стока до 2035 года для рек на территории Беловежской пуши, в % от современного состояния

Река	Зима	Весна	Лето	Осень	Средне- годовой
Зельвянка	10,3	6,8	-0,5	5,4	6,0
Лесная	2,4	9,0	-8,8	2,0	3,4
Нарев	10,1	9,0	4,7	6,8	8,5
Пульва	4,7	10,9	5,4	1,9	6,6
Россь	9,3	6,4	-3,3	6,7	5,3
Рудава	10,4	10,0	3,3	6,5	8,6
Ясельда	2,2	-3,1	8,5	-6,6	-0,2
Белая	9,3	9,6	4,7	11,2	9,1
Зубрица	1,0	10,0	5,9	2,4	6,3
Крапивница	8,3	13,5	4,5	10,2	10,5
Лесная Правая	4,8	3,0	0,8	8,0	3,8
Лутовка	9,8	9,9	3,7	12,2	9,3
Медянка	6,6	1,3	1,2	2,3	2,1
Орлува	9,4	9,1	5,8	12,4	9,2
Плюсковка	9,2	12,1	4,6	13,2	10,6
Гурицинка	7,5	12,1	4,0	9,2	9,4
Песец	8,7	8,5	5,4	11,5	8,5
Щиба	7,1	11,5	3,8	8,7	8,9
Переволока	6,7	6,8	1,3	8,9	6,3
Соломенка	-0,1	8,1	4,3	1,2	4,7
Точница	8,6	8,9	4,4	10,4	8,4
Полична	7,1	9,3	3,5	10,2	8,1
Сипурка	6,1	5,9	3,8	8,0	6,0
Лесная левая	4,2	2,6	0,7	7,0	3,4
Колонна	5,7	5,7	2,2	7,1	5,4
Побойка	0,7	6,9	4,0	1,6	4,3
Пчелка	6,9	9,1	3,4	9,9	7,9
Ломовка	1,8	4,8	-0,4	2,9	3,1

Река	Зима	Весна	Лето	Осень	Средне- годовой
Кулевка	8,3	8,0	5,1	10,9	8,1
Друнровка	4,2	4,2	1,6	5,3	4,0
Хоровка	6,4	10,4	3,5	7,9	8,0
Тушемлянка	-1,7	1,3	-0,1	-1,2	0,1
Немержанка	5,1	6,6	2,5%	7,3	5,8
Гвозна	2,7	2,5	0,9	4,2	2,6
Злота	4,9	4,9	1,2	6,3	4,6
Еленка	-1,0	4,0	1,7	-0,2	2,0
Переровница	5,5	7,3	2,8	7,9	6,3
Ольховка	3,3	3,2	2,0	4,3	3,2
Наревка	4,0	6,5	2,2	4,9	5,0
Яменка	3,9	3,9	0,9	5,1	3,7
Поперечная	-0,6	3,0	1,3	0,0	1,5
Муравка	6,4	8,7	2,7	9,6	7,4
Гитка	5,6	5,4	3,1	7,7	5,4
Лужайка	3,2	3,3	1,2	4,0	3,1
Калиновец	-0,5	4,0	1,9	0,2	2,1
Станок	5,5	7,3	2,8	7,9	6,3
Вишня	5,6	5,4	3,1	7,7	5,4
Ятвезь	5,2	9,1	2,4	6,6	6,8
Лошанка	4,3	6,4	2,8	5,1	5,2
Березовка	5,6	5,5	3,9	7,1	5,5
Переделка	-0,1	4,0	2,1	0,6	2,3

Заключение. Выполнен анализ базы данных гидрологических наблюдений за стоком рек Беловежской пущи за различными видами (среднегодовой, среднемесячный, весеннего половодья, дождевых паводков, летне-осенняя и зимняя межень) по действующим закрытым гидрометрическим постам за период инструментальных наблюдений по 2018 г. включительно. В ходе проведенных исследований восстановлены пропущенные расходы воды, ряды наблюдений приведены к еди-

ному расчетному периоду с 1946 по 2018 г., выполнена оценка на однородность. Сформированная гидрологическая база позволяет решать ряд гидрологических, экологических и водохозяйственных задач для рек Национального парка «Беловежская пушта». В ходе исследований с помощью ГИС-технологий актуализирована гидрографическая информация по рекам Национального парка «Беловежская пушта», включающая площадь водосбора, длину реки, уклон водосбора, залесенность и заболоченность территории в абсолютном и относительном выражении и другие параметры. Это позволило оценить сток рек для различных по водности лет. Анализ колебаний стока рек за период инструментальных наблюдений показал незначительное изменение, уменьшение среднего годового стока рек. В то же время наблюдается на всех реках уменьшение стока весеннего половодья и увеличение стока зимней межени. Средний многолетний сток дождевых паводков имеет тенденцию к некоторому незначительному уменьшению, а сток летне-осенней межени, наоборот, к незначительному увеличению для большинства исследуемых рек.

По прогнозам изменения стока сохраняются выявленные ранее тенденции увеличения среднегодового стока для рек на территории Беловежской пушты. Максимальное увеличение стока может произойти в зимний и весенний период (до 10,4 % и 13,5 % соответственно), в основном в феврале и марте за счет увеличения количества осадков и оттепелей. Прогнозируемый сток в летне-осенний период может измениться не так значительно, как в весенне-зимний период. В целом для года характерно изменение стока воды в пределах 5-6 % по сравнению с настоящим уровнем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Айдаров, И.П. К проблеме экологического возрождения речных бассейнов / И. П. Айдаров, Е. В. Веницианов, Д. Я. Раткович // Водные ресурсы. - 2002. - Т. 29, № 2. - С 240-252.
2. Атлас глобальных и региональных климатических прогнозов (на английском языке) // Материалы МГЭИК. - С. 1350-1353. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wgl/>.
3. Блакітны скарб Беларусі: Рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / маст.: Ю. А. Тарэеў, У. І. Цярэнцьеў. - Мінск : БелЭн, 2007. - 480 с.
4. Блакітная кніга Беларусі: Энцыклапедыя. - Мн. : БелЭн, 1994. - 415 с.

5. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек, В. Н. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. - Брест: Издательство «Альтернатива», 2017. - 225 с.
6. Волчек, А. А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / Мелиорация и водное хозяйство. - 1986. - № 12. - С. 17-21.
7. Волчек, А. А. Оценка трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере р. Ясельда) / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Водное хозяйство России. - 2007. - № 1. - С. 50-62.
8. Волчек, А. А., Паксман. Прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. - № 1. - 2009. - С. 22-30.
- 9 Волчек, А. А. Математические модели в природопользовании: учеб, пособие / А. А. Волчек, П. В. Шведовский, Л. В. Образцов. - Минск : БГУ, 2002. - 282 с.
10. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учебное пособие / А. А. Волчек. - Москва: КНОРУС, 2021. - 418 с.
11. Волчек, А. А. Компьютерное моделирование водного баланса малых рек Беларуси / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Вест. Полоцк. гос. ун-та. Сер.: Прикладные науки. Строительство. - 2007. - № 6. - С. 152-155.
12. Логинов, В. Ф. Оценка антропогенного воздействия на водные ресурсы рек Белорусского Полесья / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, В. В. Лукша // Природные ресурсы. - 2003. - № 1. - С. 15-22.
13. Логинов, В. Ф. Прогнозирование годовых расходов воды рек с помощью нейронных сетей / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Н. В. Маньяков // Природопользование: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии ; под ред. И. И. Лиштвана, В. Ф. Логинова. - Минск, 2004. - Вып. 10. - С. 16-21.
14. Мезенцев, В. С. Расчеты водного баланса / В. С. Мезенцев. - Омск: Омск СХИ, 1976. - 76 с.
15. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.04-168-2009(02250). - Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. - 55 с.
16. Раткович, Д. Я. Актуальные проблемы водообеспечения / Д. Я. Раткович. - М.: Наука, 2003. - 352 с.
17. Реки Национального парка «Беловежская пуща» и их гидрологические характеристики / А. А. Волчек, О. Г. Савич-Шемет, Н. Н. Шешко,

- С. И. Парфомук, Н. Н. Шпендик, Д. Н. Дашкевич, С. В. Сидак, М. Ф. Кухаревич // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сб. трудов V Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию кафедры при родообустройстве, Брест, 26-28 октября 2022 г. / Брест, гос. техн. ун-т; редкол.: А. А. Волчек [и др.]; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. - Брест : БрГТУ, 2022. - Ч. I. - С. 79-88.
18. Шайтура, С. В. Геоинформационные системы и методы их создания / С. В. Шайтура. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 1997. - 253 с.
 19. ArcView GIS: Руководство пользователя. - М.: МГУ, 1998. - 365 с.
 20. The Strategic Framework for Adaptation to Climate Change in the Neman River Basin / United nations Development Programme in Belarus and United Nations Economic Commission for Europe ; V. N. Korneev, A. A. Volchak [et al.]. - Brest, 2015. - С. 64.