

неудовлетворительна. Сеть наблюдений насчитывает 12 постов по всей республике, распределенных неравномерно.

Список литературных источников

1. Ковязина, И. А. Факторы формирования стока взвешенных наносов рек и методы его количественной оценки / И. А. Ковязина, Д. С. Баяндина. – 2021.
2. Гусева, А. В. Аспекты метрологического обеспечения измерений мутности морской воды / А. В. Гусева, М. Н. Белая // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. – 2019. – С. 99–102.
3. Статистические методы в природопользовании / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, П. С. Пойта, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Л. : Гидрометеоиздат, 1966. – Т. 5, ч. 1. – 718 с.
5. Оценка допустимой добычи нерудных строительных материалов из русла на примере реки Припять / А. А. Волчек [и др.] // Гидрометеорология и экология. – 2022. – № 2 (105). – С. 6–24.
6. Инженерная гидрология и регулирование стока. Общая гидрология и гидрометрия : учебно-методическое пособие / А. А. Волчек [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 152 с.

Изменение дат наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на реках Беларуси в современных условиях

Шпока Д.А.¹, Волчек А.А.²

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

Резюме. По результатам анализа суточных гидрографов рек Беларуси по 65 створам за период с 1950 по 2015 г. определены даты наступления минимальных уровней воды периода открытого русла. Показано смещение дат наступления минимальных уровней воды на более ранние сроки.

Changes in the dates of the onset of minimum water levels in the period of the open channel on the rivers of Belarus in modern conditions

Shpoka D., Volchek A.

Summary. According to the results of the analysis of daily hydrographs of the rivers of Belarus for 65 gauges for the period from 1950 to 2015. the dates of the onset of minimum water levels during the period of the open channel are determined. The shift of the dates of the occurrence of minimum water levels to earlier dates is shown.

Введение. Современные климатические колебания вызвали изменения в гидрологическом режиме рек Беларуси [1, 2, 3 и др.], в том числе изменились минимальные уровни воды периода открытого русла [4]. Изменения минимального стока летне-осеннего периода носит разнонаправленный характер. Как правило, это обусловлено природно-климатическими факторами, хотя, что касается территории Белорусского Полесья, то оно в значительной степени подверглось влиянию антропогенной деятельности, в частности крупномасштабные осушительные мелиорации, начатые в середине 60-х гг. прошлого столетия [1]. Большинство исследований посвящено изменению стока рек и в меньшей степени, изменениям уровней воды и датам наступления их минимальных значений. В тоже время уровенный режим является основной гидрологической характеристикой рек и широко используется при решении как теоретических, так и практических задач в области водного хозяйства, гидрологии, экологии и экономики. Поэтому требуется исследование изменения уровенного режима для получения объективной картины процессов происходящих на водосборах рек. Особый интерес представляют минимальные уровни воды рек во время летне-осенней межени, так как они влияют на пойменные экосистемы и определяют работу гидротехнические сооружения. Кроме того, по характеру изменений уровенного режима

можно в той или иной степени оценить влияние различных факторов. Помимо величин минимальных уровней воды рек, большое значение имеет и время их наступления.

Целью настоящего исследования является установление дат прохождения минимальных уровней воды периода открытого русла на реках Беларуси в современных условиях.

Материалы и методы исследований. Исходными данными явились материалы наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра за минимальными уровнями воды периода открытого русла рек по 65 речным створам Беларуси за период с 1950 по 2015 г.

Для определения дат смещения прохождения минимальных уровней воды периода открытого русла на реках Беларуси, вызванных современными климатическими изменениями, исходные временные ряды разбиты на два интервала: с 1950 по 1987 г. и с 1988–2015 гг. Выбор данного периода обусловлен началом современных климатических изменений.

Для каждого интервала определялась дата наступления минимальных уровней воды периода открытого русла реки текущего года, и рассчитывались средние даты, а также разница в средних датах, которая и показывает исходное смещение. Затем с помощью критерия Стьюдента устанавливалась статистическая значимость в различиях вычисленных средних по формуле [5]:

$$t = \frac{\bar{T}_{min 1} - \bar{T}_{min 2}}{\sqrt{n_1 \cdot \sigma_1^2 + n_2 \cdot \sigma_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (1)$$

где $\bar{T}_{min 1}, \bar{T}_{min 2}$ – выборочные средние даты минимальных уровней воды периода открытого русла рек за первый и второй интервалы соответственно; σ_1^2, σ_2^2 – выборочные дисперсии; n_1 и n_2 – объемы выборок.

Полученное значение t -критерия Стьюдента сравнивалось с их критическими значениями при заданном уровне значимости $\alpha = 5\%$. Если $t > t_\alpha$, принимается гипотеза статистического различия двух выборочных средних дат рассматриваемых рядов.

Положительные значения на картах означает более раннее наступление минимальных уровней воды, а отрицательные – более позднее по сравнению с периодом до 1987 г.

Обсуждение результатов. Средние даты наступления минимальных уровней воды периода открытого русла реки до современного потепления на территории Беларуси представлены на рис. 1.

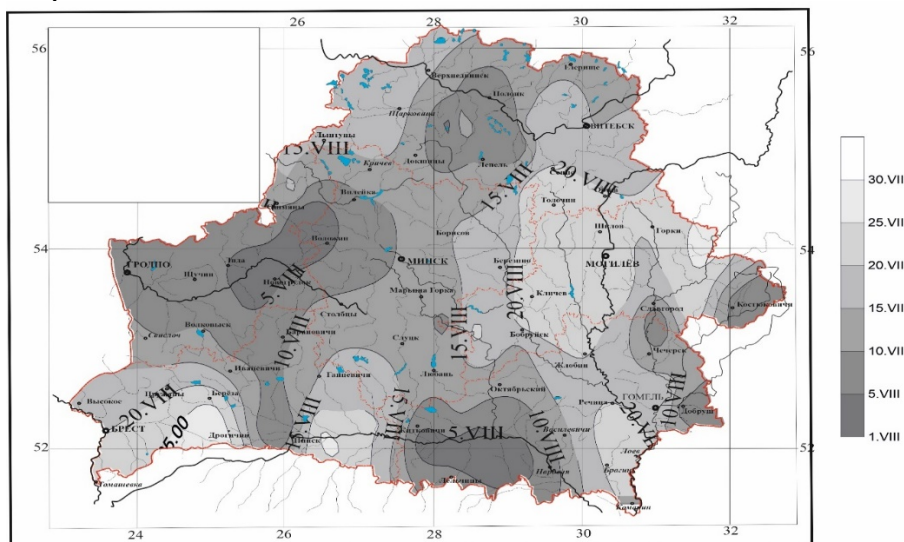


Рисунок 1 – Карта средних дат наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на реках Беларуси до потепления климата

В табл. 1 представлены сроки наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на современном этапе относительно ранее установленных норм наступления пиков минимальных уровней.

Таблица 1 – Сроки прохождения минимальны уровней воды периода открытого русла на реках Беларуси

Бассейн реки	Ранние сроки	Поздние сроки
Днепр	10	-13
Западная Двина	10	-2
Припять	15	-4
Неман	10	-1

Как видно из рис. 1, ранние даты наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на северо-западе Беларуси на юге Белорусского Полесья юго-восточной части страны до 1987 г. приходились на первую декаду августа. Позднее наступление минимальных уровней воды приходились на восточную часть страны – середина-конец августа. В настоящее время эти даты сместились на более ранние сроки по направлению с юго-запада в центральную часть страны. Минимальные уровни воды периода открытого русла приходятся на первую декаду августа, что показано на рис. 2. Процентное соотношение наступления на реках минимальных уровней воды периода открытого русла по декадам приведены в табл. 2.

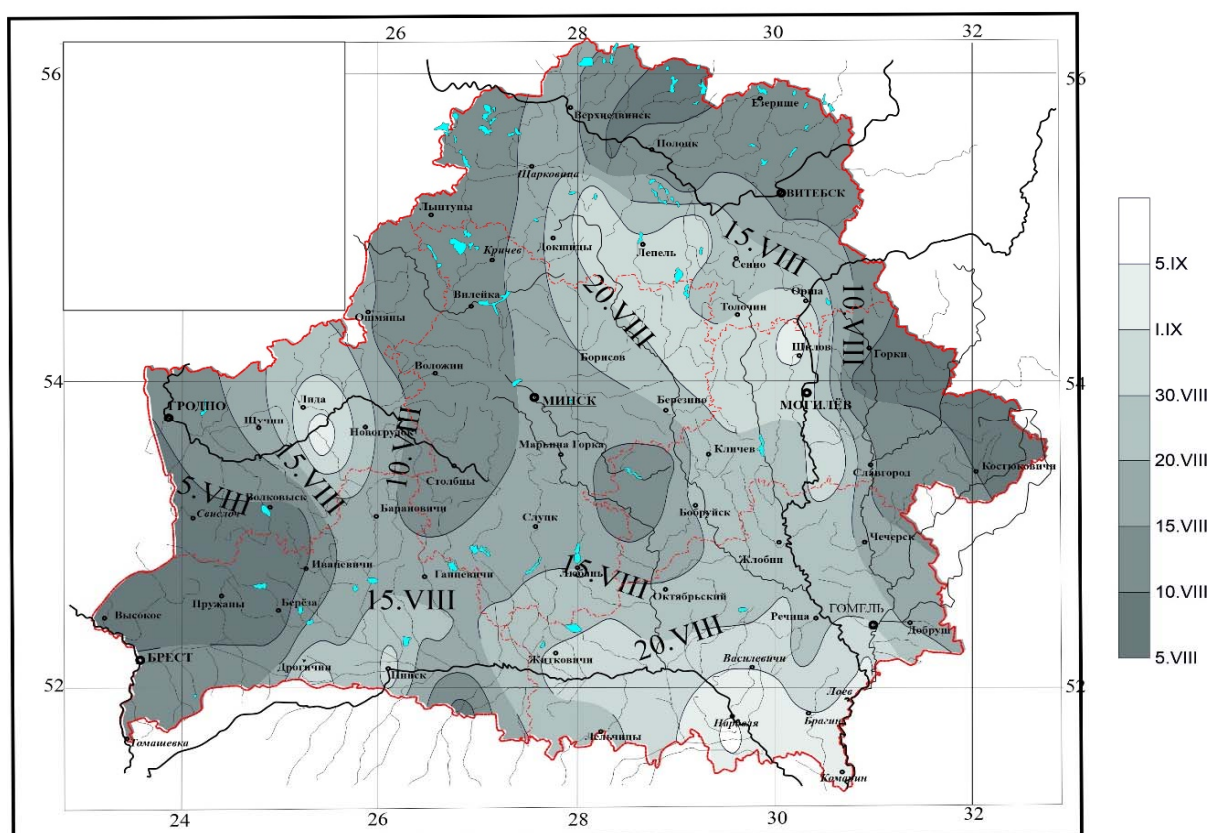


Рисунок 2 – Карта средних дат наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на реках Беларуси в современных условиях

Из табл. 2 видно, что наибольшее смещение дат наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на более ранние сроки произошло с I декады июня на III декаду на реках бассейна Неман. В целом можно сказать, что произошло существенное смещение наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на территории Беларуси.

Таблица 2 – Процентное соотношение количества рек и декады наступления минимальных уровней воды периода открытого русла

Бассейн реки	Июнь		Июль			Август			Сентябрь	
	I декада	III декада	I декада	II декада	III декада	I декада	II декада	III декада	I декада	II декада
Днепр				12,5/4,2	12,5/4,2	16,7/20,8	29,2/29,2	25,0/25,0	0,0/12,5	4,1/4,1
Западная Двина						16,7/16,7	41,7/41,6	8,3/16,7	25,0/25,0	8,3/0,0
Припять			5,6/0	0,0/16,7	5,6/11,0	0,0/16,7	27,8/27,8	22,2/27,8	38,8/0,0	
Неман	0,0/18,2	9,1/9,1	18,2/0			36,3/72,7	27,3/0,0		9,1/0,0	
Итого	0,0/3,1	1,5/1,5	4,5/0,0	4,5/6,2	6,0/4,6	15,0/27,7	30,5/26,2	16,5/20,0	18,5/9,2	3,0/1,5

Примечание. В числителе указан процент попадания рек данного бассейна – до 1987 г., в знаменателе в рассматриваемую декаду настоящего времени.

Для наглядного представления смещения дат минимальных уровней воды периода открытого русла построена карта (рис. 3), из которой видно, что наибольшее смещение произошло в центре страны, в западно-белорусской подобласти в районе Минской краевой ледниковой возвышенности, в районе Горецкой моренной равнины с краевыми ледниковыми образованиями.

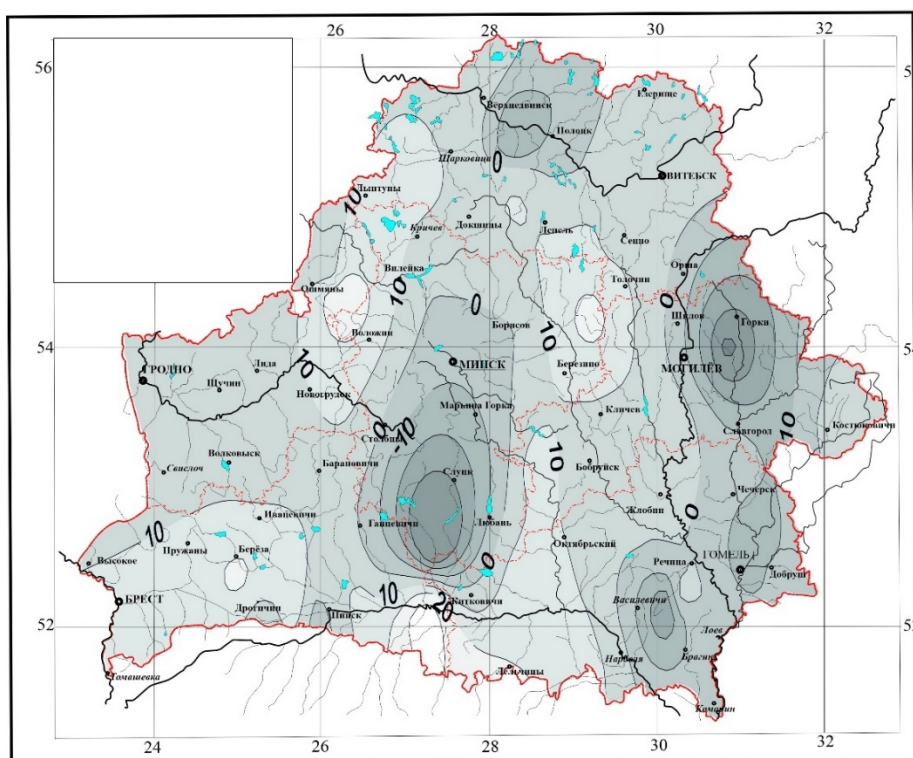


Рисунок 3 – Карта смещений средних дат прохождения минимальных уровней воды периода открытого русла на реках Беларуси

Изменений не произошло на юго-западе Беларуси в районе Малоритской водно-ледниковой равнины. Незначительные сдвиги произошли на западе выше Гродно в районе Озерской водно-ледниковой низины, Лидской моренной равнины, Вороновской водно-ледниковой равнины с краевыми ледниковыми образованиями, на юго-востоке в районе Хойникской водно-ледниковой низины с краевыми ледниковыми образованиями, Комаринской аллювиальной низины.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено смещение дат наступления минимальных уровней воды периода открытого русла на реках на более ранние сроки практически по всей территории Беларуси, кроме бассейна реки Днепр. В общем виде можно представить таким образом, что в настоящее время в результате климатических

изменений и антропогенных факторов 30,5 % всех рек Беларуси наблюдаются минимальные уровни во второй декаде августа, а в период до 1987 г. минимальные уровни воды наблюдались в первой декаде августа на 27,7 % всех рек.

Список литературных источников

1. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск : Тонпик, 2006. – 160 с.
2. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчек, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.
3. Волчек, А. А. Динамика изменения водных ресурсов Беларуси в современных условиях / А. А. Волчек, С. В. Сидак, С. И. Парфомук // Инновации: от теории к практике : сборник научных статей VIII Межд. науч.- практ. конф., Брест, 21–22 октября 2021 г. ; редкол.: В. В. Зазерская [и др.]. – Брест : Издательство БрГТУ, 2021. – С. 81–89.
4. Волчек, А. А. Минимальный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, О. И. Грядунова ; Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2010. – 169 с.
5. Статистические методы в природопользовании : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Е. Валуев [и др.]. – Брест : Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.

Регистрация воздействия водохранилищ на прилегающие территории с помощью беспилотных летающих аппаратов (БПЛА)

Левкевич В.Е.¹, Мильман В.А.², Решетник С.В.²

¹ *Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, v.lev2014@mail.ru*

² *Объединенный институт проблем информатики (ОИПИ) НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*

Резюме. Приведены некоторые результаты полевых исследований по оценке масштабов и ширины подтопления прибрежных территорий водохранилищ Беларуси и деформации-размыву берегов с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

Registration of the impact of reservoirs on adjacent territories using unmanned aerial vehicles (UAVs)

Levkevich V., Milman V., Reshetnik S.

Summary. Some results of field studies on the assessment of the scale and width of the flooding of the coastal areas of the reservoirs of Belarus and the deformation-erosion of the banks with the help of unmanned aerial vehicles (UAVs) are presented.

Создание водохранилищ оказывает значительное воздействие на прибрежные территории, что выражается в развитии различных негативных процессов. Например, гидродинамическое воздействие на берега (ветровое волнение, течения, колебания уровней, ледовые явления) вызывает развитие эрозионно-абразионных процессов [1]. Однако, наряду с процессами деформации береговой линии водохранилищ происходят изменения гидрогеологических условий, обусловленных подпором подземных вод, подтоплением и заболачиванием прибрежных территорий.

Для оценки подтопления территории в прибрежной зоне водохранилищ и разрушения – переработки берегов с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) был выбран ряд тестовых водохранилищ: Заславльское, Криницы, Дрозды, Волчковичское, Чижовское, Дубровское, а также водохранилище Витебской ГЭС. Водоохранилища, на которых проводились экспериментальные исследования, имели различное регулирование, морфометрические характеристики, линейные размеры, срок эксплуатации и тип наполнения [1, 2].

При наполнении водохранилища, поднимающийся уровень водной поверхности оказывает значительное давление на водоносные горизонты в береговых склонах. Под