

фенологических циклов, вертикальной структуры и мониторинг наиболее уязвимой, чувствительной к потеплению холодолюбивой части сообщества зоопланктона.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, договоры № Б21АРМ-006 и Б23МС-001.

#### Список литературных источников

1. Изменения температуры и осадков в бассейне Ладожского озера по расчетам климатической модели общей циркуляции в XIX–XXI вв. / Голицын Г. С. [и др.] // Изв. РГО. – 2002. – Т. 134, вып. 6. – С. 36–47.
2. Ladoga and Onego – Great European Lakes: Observation and Modeling / Rukhovets L. A., Filatov N. N. (eds.). – Springer-Praxis Publishing, 2009. – 320 p.
3. Кипрушина, К. Н. Многолетняя и сезонная динамика зоопланктона открытой части Южного Байкала / К. Н. Кипрушина, Л. Р. Измestьева // Вест. Томского гос. ун-та. – 2009. – № 328. – С. 191–195.
4. The effects of climatic warming on the properties of boreal lakes and streams at the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario / Schindler D. W. [et al.] // Limnol. Oceanogr. – 1996. – Vol. 41, № 5. – P. 1004–1017.
5. Мордухай-Болтовской, Ф. Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов / Ф. Д. Мордухай-Болтовской // Труды ИБВВ АН СССР. – 1975. – Вып. 27 (30). – С. 7–69.
6. Логинов, В. Ф. Радиационные факторы и доказательная база изменений климата / В. Ф. Логинов. – Минск : Бел. наука, 2012. – 265 с.
7. Безносков, В. Н. Возможные изменения водной биоты в период глобального потепления климата / В. Н. Безносков, А. Л. Суздалева // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 4. – С. 498–503.
8. Vezhnovets, V. V. Change of *Limnocalanus macrurus* (Copepoda, Calanoida) Population State under High Summer Temperature / V. V. Vezhnovets // Hydrobiological Journal. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 24–35.
9. Вежновец, В. В. Особенности вертикальной структуры зоопланктона в стратифицированных озерах разной трофности / В. В. Вежновец // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тез. докл. Междунар. науч. конф., 13–18 сентября 2021 г., Севастополь, РФ. – Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2021. – С. 231–233.
10. Сярки, М. Т. Сезонные изменения в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера / М. Т. Сярки, Ю. Ю. Фомина // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экологические исследования. – 2015. – № 1. – С. 63–68.

### Современные изменения твердого стока наносов на реках Беларуси

Волчек А.А.<sup>1</sup>, Розумец И.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by

<sup>2</sup>Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь

**Резюме.** В современных условиях изучение твердого стока ведется по 11 постам на 8 реках по всей территории Беларуси. Главной задачей работы является показать закономерности современных изменений твердого стока, построить временные ряды, графики зависимостей и рассчитать основные статистические характеристики.

### Modern changes in solid sediment runoff on the rivers of Belarus

Volchek A., Rozumets I.

**Summary.** In modern conditions, the study of solid runoff is carried out only at 11 posts on 8 rivers throughout Belarus. The main task of the work is to show the patterns of modern changes in solid runoff, build time series, dependency graphs and calculate the main statistical characteristics.

**Введение.** Твердый сток является неотъемлемой составляющей водного потока. Закономерности формирования твердого стока необходимы во многих сферах деятельности,

такие как судоходство, сельскохозяйственные нужды, строительство гидротехнических сооружений, добыча нерудных строительных материалов. Твердый сток – масса взвешенных тонко и мелкозернистых влекомых (перекатываемых) по дну и растворенных химических и биогенных веществ, которые сносятся поверхностным стоком в реки, а также породы, отторгнутые водой от русла и берегов. Выделяют внешние и внутренние факторы поступления твердого вещества в реки. К внешним относят почвенную эрозию, климатические условия, выветривание и денудация, а к внутренним русловой и пойменный аллювий [1]. Мутность воды представляет собой наличие в воде взвешенных механических частиц, т.е. мутность – это показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды в связи с наличием неорганических и органических тонкодисперсных взвесей, а также развитием планктонных организмов [2].

Цель работы. Оценить пространственно-временные колебания твердого стока рек Беларуси в современных условиях.

Методы исследования и исходные данные. Исходными данными работы послужили ежегодники государственного водного кадастра «Том III. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод».

При определении гидрологических характеристик использовали методы статистического анализа [3].

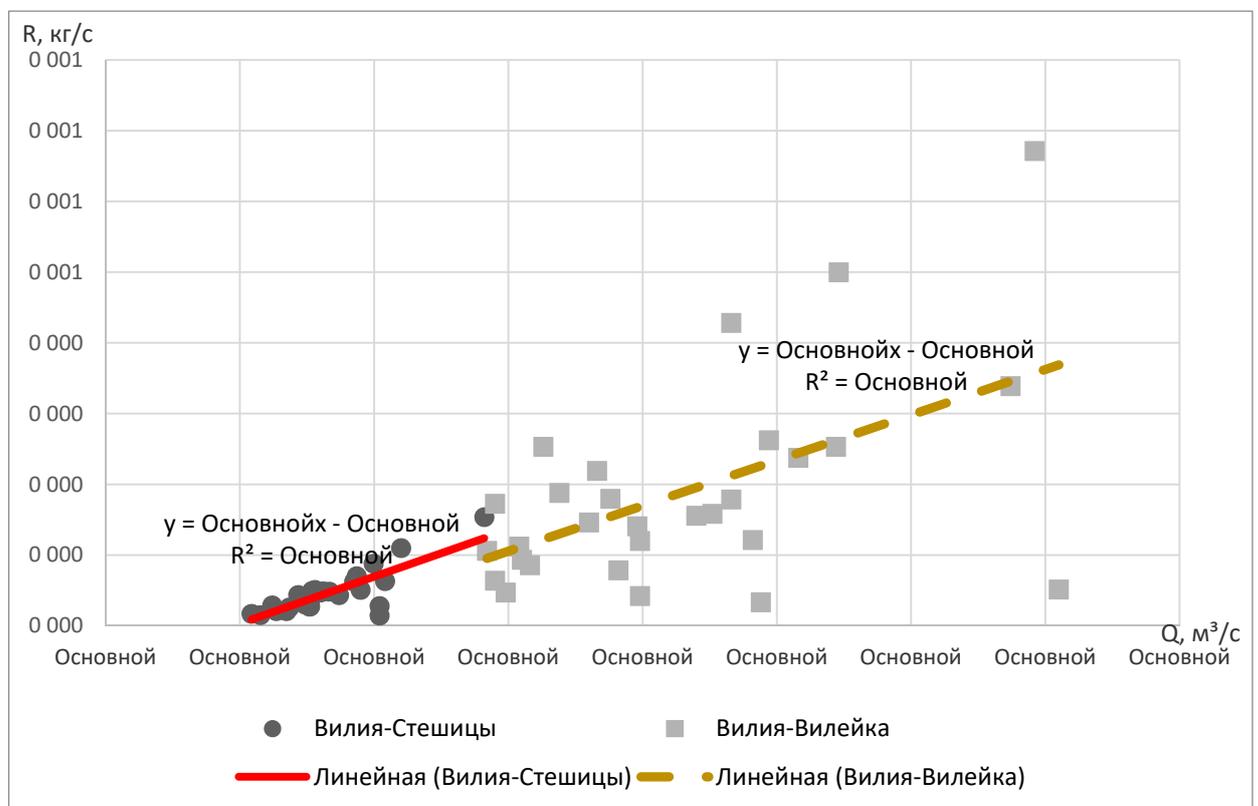


Рисунок 1 – График связей среднегодовых расходов воды ( $Q$  м<sup>3</sup>/с) и наносов ( $R$  кг/с)

Расход наносов и мутность водотока, водоема изменяются как во времени, так и в пространстве. Расход взвешенных наносов вычисляются по результатам ежедневных измерений мутности воды с учетом переходных коэффициентов «К» от единичной мутности к средней мутности потока. Корректность определения величин стока взвешенных наносов анализируется по графикам связи среднегодовых расходов взвешенных наносов и расходов воды. Предельная ошибка составляет  $\pm 20\%$ .

Построены графики связи расходов воды и наносов по зависимости  $R_{\text{ср.год}} = f(Q_{\text{ср.год}})$ . Для большинства постов указанные связи достаточно удовлетворительны, что отражено на рис. 1.

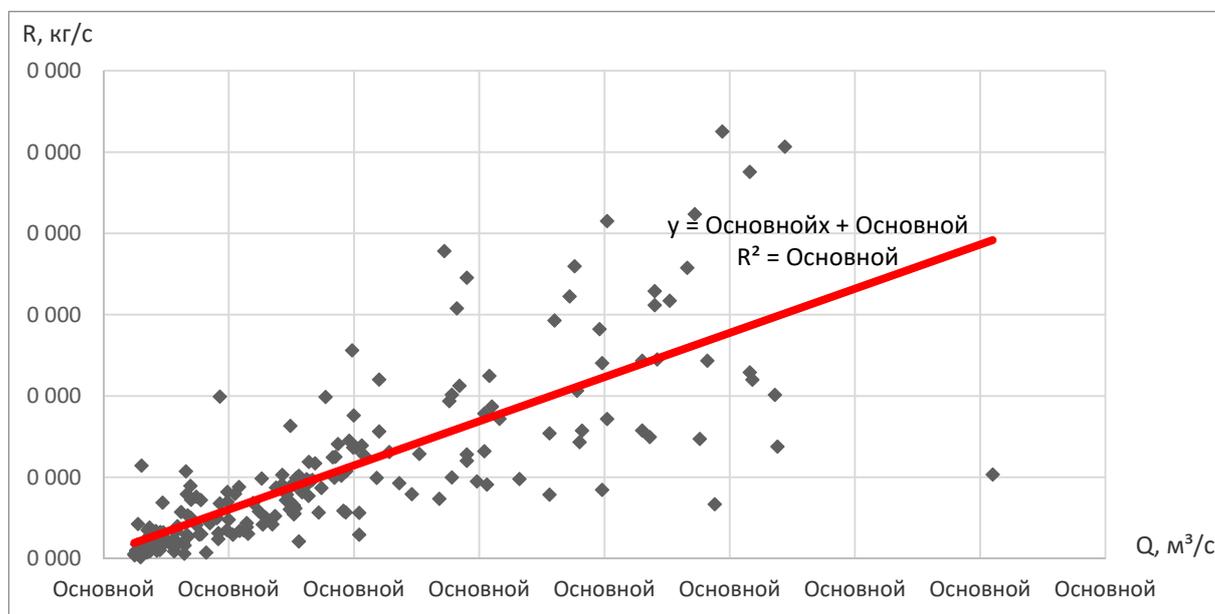


Рисунок 2 – Графики связей среднегодовых расходов воды ( $Q$  м<sup>3</sup>/с) и наносов ( $R$  кг/с) объединенного ряда значений

На территории Беларуси выделяют две зоны мутности: малой – менее 25 г/м<sup>3</sup>, повышенной – 25–50 г/м<sup>3</sup>. Ряд наблюдений, полученный из государственного водного кадастра «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод» относится к малой зоне мутности [4].

Таблица 1 – Основные статистические характеристики рядов стока наносов

Река – пункт	Среднее значение ( $\mu$ ), г/с	Коэффициент		
		вариации	асимметрии	корреляции
Полота – с. Янково 1-е	32	0,68	1,96	0,42
Виляя – с. Стешницы	46	0,65	2,07	0,41
Виляя – г. Вилейка	188	0,77	1,81	0,34
Лесная – с. Тюхиничи	55	0,37	1,7	-0,08
Добысна – с. Малевичская Рудня	14	0,8	2,33	-0,09
Уза – с. Прибор	14	0,95	1,26	-0,14
Ясельда – с. Сенин	102	0,47	1,06	0,52

Согласно табл. 2, средние за межень (лето – осень, зима) мутности малых, средних и больших рек несколько ниже годовых от 2,8 до 7,8 г/м<sup>3</sup>. В период весеннего половодья мутность рек колеблется от 6,0 до 15,8 г/м<sup>3</sup>. В зоне малой мутности дождевые паводки существенно не изменяют хода мутности. Наибольшая среднемесячная мутность наблюдается в апреле, реже в марте.

Таблица 2 – Мутность воды рек (г/м<sup>3</sup>) в различные сезоны года

Река – пункт	Период наблюдений	Межень		Весеннее половодье, средняя
		лето – осень	зима	
Полота – с. Янково 1-е	1990–2021	6,2–7,7	5,2–6,1	7,1
Виляя – с. Стешницы	1990–2021	3,6–5,0	3,5–4,2	6,0

Ви́лия – г. Вилейка	1990–2021	6,4–6,6	5,9–6,1	10,2
Лесная – с. Тюхиничи	1990–2021	4,5–5,2	3,9–4,1	6,4
Добысна – с. Малевичская Рудня	1990–2021	2,8–2,9	–	8,4
Уза – с. Прибор	1990–2021	3,6–4,7	–	9,9
Ясельда – с. Сенин	1990–2021	6,8–7,8	4,0–4,6	7,6
Эса – с. Гадивля	1990–2006	5,1–5,2	5,2	13,5
Неман – г. Столбцы	1990–1995	5,7–6,3	7,4–8,6	15,8
Рыга – с. Малые Радваничи	1990–1995	4,7–5,2	4,0–5,1	7,9

Мутность достигает максимальных значений в период весеннего паводка при кратковременном поднятии уровня воды в реках, которое вызвано таянием ледников, снега, обилием дождей. Снижение происходит в летний период межени, наблюдаются низкие расходы и уровни воды. Осенью мутность незначительно повышается за счет дождей. В зимний же период отмечаются минимальные значения мутности (рис. 2).

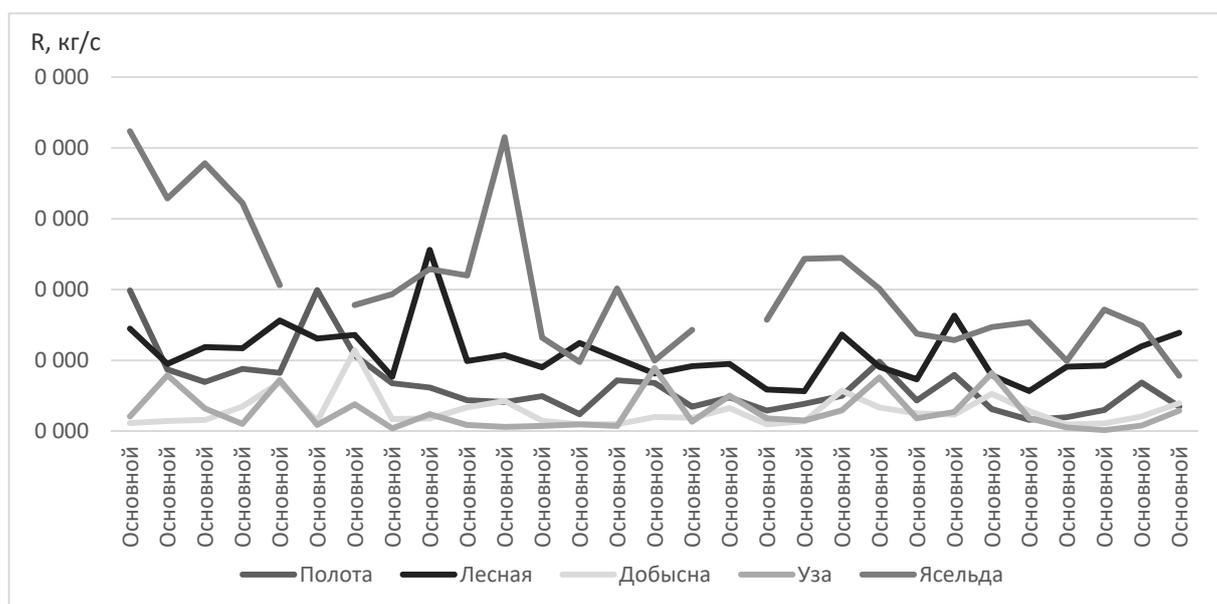


Рисунок 3 – Временной ряд среднемесячных значений мутности воды

На реке весенний сток наносов составляет от 54,3 до 69,6 % от годового. На долю летнего стока наносов приходится от 16,8 до 30,4 %; зимнего от 5,3 до 19,3 %.

Таблица 2 – Сток взвешенных наносов по сезонам в % от годового

Река – пункт	Площадь водосборов, км <sup>2</sup>	Весна	Межень		
			лето – осень	зима	весь период
Полота – с. Янково 1-е	618	56,7	24,3	19,0	43,3
Ви́лия – с. Стешницы	1230	54,3	26,9	18,8	45,7
Ви́лия – г. Вилейка	4190	54,8	27,8	17,4	45,2
Лесная – с. Тюхиничи	2590	56,9	16,8	26,3	43,1
Добысна – с. Малевичская Рудня	454	69,6	30,4	–	30,4
Уза – с. Прибор	760	68,8	25,9	5,3	31,2
Ясельда – с. Сенин	5110	60,1	20,6	19,3	39,9

Выводы. Изменение поверхностного стока имеет различные направления, а мутность рек по всей территории Беларуси уменьшается начиная с 1965–1970 гг. Увеличение доли сельскохозяйственной деятельности приводит к увеличению мутности на 5 %. На фоне изменения климата и уменьшения сельскохозяйственных угодий можно ожидать усиление эрозионных процессов. Изученность твердого стока в современных условиях

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.<sup>1</sup>, Волчек А.А.<sup>2</sup>

*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