

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ
WATER RESOURCES
ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ

УДК 556.555.6

А. П. Шариков, Б. А. Гигевич, Л. Н. Гертман

*Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов,
Минск, Беларусь, e-mail: mail@cricuwr.by, lubov.hertman@yandex.ru*

**СНИЖЕНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОЕМЫ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГУЛИРУЮЩИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ВИЛЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)**

Показана роль гидротехнических сооружений (шлюзов-регуляторов) в снижении содержания взвешенных веществ и соединений фосфора. Регламентирование поступления взвешенных веществ по гидрографической сети с использованием гидротехнических сооружений основано на регулировании транспортирующей способности водотока, с учетом фазы гидрологического стока и гидрологической крупности транспортируемых частиц. Выявлена обратно пропорциональная зависимость между диаметром взвешенных частиц и транспортирующей способностью водотока (увеличение диаметра частиц от 0,005 до 0,05 мм повлекло за собой уменьшение транспортирующей способности потока в 10 раз, увеличение до 0,1 мм – в 20 раз, и увеличение до 0,2 мм – в 35,6 раза). Выявленные зависимости позволяют регламентировать работу гидротехнических сооружений по уменьшению выноса взвешенных частиц в гидрографическую сеть путем изменения скоростной структуры потока, выражающегося в уменьшении скорости течения. Наиболее приемлемыми гидротехническими регулирующими сооружениями, обеспечивающими снижение выноса взвешенных веществ с мелиорируемых территорий, являются шлюзы- и трубы-регуляторы, шандоры, полузапруды. На основании данных, полученных в результате проведенных исследований, разработан ТКП 17.06-07.

Ключевые слова: взвешенные вещества, гидротехнические сооружения, соединения фосфора, Вилейское водохранилище

A. P. Sharykau, B. A. Gigevich, L. N. Gertman

*Central Research Institute for Complex Use of Water Resources, Minsk, Belarus
e-mail: mail@cricuwr.by, lubov.hertman@yandex.ru*

**DECREASE OF THE SUSPENDED SOLIDS INPUTS INTO THE WATER BODIES USING THE CONSTRUCTION
OF REGULATING HYDROTECHNICAL STRUCTURES WITH THE VILEYSKOYE WATER RESERVOIR AS AN
EXAMPLE**

The article is devoted to the role of hydraulic structures (gateways-regulators) in the content of suspended solids and phosphorus compounds reducing. The regulation of suspended solids inputs on the hydrographic network using hydraulic structures is based on the regulation of transport capacity of the watercourse, considering the phase of the hydrological runoff and the hydrological size of the transporting particles. An inverse dependence was found between the diameter of the suspended particles and the transport capacity of the watercourse (an increase of the particle diameter from 0.005 mm to 0.05 mm resulted in a 10-fold decrease in the transport capacity of the flow, an increase up to 0.1 mm – in 20 times, and an increase up to 0.2 mm – in 35.6 times). The revealed dependencies allow to regulate the operation of hydraulic structures to reduce the transfer of suspended particles to the hydrographic network by changing the velocity structure of the flow, expressed in decreasing flow velocity. The most suitable hydraulic regulating structures that ensure a reduction in the removal of suspended solids from reclaimed areas are gateways-regulators and pipes-regulators, stoplogs, and dike dams. Based on the obtained data, the Technical Code of Practice (TCP) 17.06-07 has been developed.

Keywords: suspended solids, regulating hydrotechnical structures, phosphorus compounds, Vileyskoye reservoir

А. П. Шарыкаў, Б. А. Гігевіч, Л. М. Гертман

Цэнтральны навукова-даследчы інстытут комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў, Мінск, Беларусь,
e-mail: mail@cricuwr.by, lubov.hertman@yandex.ru

ЗНІЖЭННЕ ПАСТУПЛЕННЯ ЎЗВАЖАНЫХ РЭЧЫВАЎ У ВАДАЕМЫ З ВЫКАРЫСТАННЕМ РЭГУЛЮЮЧЫХ ГІДРАТЭХНІЧНЫХ ЗБУДАВАННЯЎ (НА ПРЫКЛАДЗЕ ВІЛЕЙСКАГА ВАДАСХОВІШЧА)

Паказана роля гідратэхнічных збудаванняў (шлюзаў-рэгулятараў) у зніжэнні колькасці ўзважаных рэчываў і злучэнняў фосфару. Рэгламентаванне паступлення ўзважаных рэчываў па гідраграфічнай сетцы з выкарыстаннем гідратэхнічных збудаванняў заснавана на рэгуляванні транспартуючай здольнасці вадатока, з улікам фазы гідралагічнага сцеку і гідралагічнай буйнасці часціц. Вызначана зваротная прапарцыянальная залежнасць паміж дыяметрам ўзважаных часціц і транспартуючай здольнасцю вадатока (павелічэнне дыяметра часціц ад 0,005 да 0,05 мм выклікала памяншэнне транспартуючай здольнасці патока ў 10 разоў, павелічэнне да 0,1 мм – у 20 разоў, да 0,2 мм – 35,6 разы). Вызначаныя залежнасці даюць магчымасць рэгламентаваць работу гідратэхнічных збудаванняў па змяншэнні вынасу ўзважаных часціц у гідралагічную сетку шляхам змянення хуткаснай структуры патоку, што выражаецца ў зніжэнні хуткасці цячэння. Найбольш прымальнымі гідратэхнічнымі рэгулюючымі збудаваннямі, якія забяспечваюць зніжэнне вынасу ўзважаных рэчываў з меліяраваных тэрыторый, з'яўляюцца шлюзы- і трубы-рэгулятары, шандоры, паўзапруды. На падставе атрыманых дадзеных распрацаваны ТКП 17.06-07.

Ключавыя словы: узважаныя рэчывы, гідратэхнічныя збудаванні, злучэнні фосфару, Вілейскае вадасховішча

Введение. Проблема охраны поверхностных вод от истощения и загрязнения является весьма актуальной. Известно, что основной причиной антропогенной трансформации водоемов замедленного водообмена является избыточное поступление биогенных и органических веществ. Основными ингредиентами, влияющими на процессы антропогенного эвтрофирования, являются соединения фосфора, которые поступают в водоемы в основном с материалом эрозии почв в составе взвешенных частиц. Благодаря большой сорбирующей способности почв, в продуктах почвенной эрозии может находиться значительное количество соединений фосфора.

В механическом составе почв Беларуси преобладают частицы размером свыше 0,01 мм (до 64 %), а на долю глинистых частиц приходится не более 30 % [1]. Максимум подвижного фосфора, как и валового его содержания, во всех горизонтах отмечается в илистой фракции, т.е. содержание P_2O_5 увеличивается с возрастанием дисперсности механических элементов.

Содержание фосфора в крупных фракциях (0,1–0,05 мм и 0,06–0,01 мм) в почвах под лесом и окультуренных почти одинаковое. Начиная с фракции 0,01–0,005 мм, в профиле пахотной почвы наблюдается некоторое увеличение количества P_2O_5 , что особенно хорошо видно во фракции 0,006–0,001 мм и иле. Это свидетельствует о том, что вносимые с удобрениями фосфаты чаще всего связываются со взвешенными веществами этих фракций, т.е. наиболее мелкими частицами, и преимущественно в двух верхних горизонтах – пахотном и подпахотном.

По данным [2, 3], с территории типично полевого водосбора соединения фосфора поступают в основном в составе руслового стока. Основное количество биогенных и взвешенных веществ поступает с поверхностным стоком в периоды весеннего половодья и осенних паводков, причем 50–60 % соединений фосфора поступает в период снеготаяния, продолжительность которого 30–40 дней, а в периоды осенних паводков, которые могут растягиваться на 3–3,5 месяца – 30–40 %. В короткие периоды весеннего половодья происходит интенсивный вынос продуктов эрозионной деятельности почв и растительных остатков в виде взвешенных веществ [4].

В период весеннего половодья в валовом отношении транспортируемых частиц доминируют частицы размером 0,2 и крупнее, а на долю частиц, которые являются основными агентами транспортировки соединений фосфора (менее 0,05 мм), приходится не более 10 %.

Одним из методов осаждения взвешенных веществ перед впадением в водоемы является создание прудов-копаней. Согласно [5], интенсивность заиления прудов составляет в среднем от 1,5 до 7,5 %, а средняя величина слоя заиления – 3–12 см в год. Поэтому в течение менее чем 10 лет слой осадков в прудах может составлять более 1 м, что практически делает их неэффективными в целях создания прудов-отстойников для перехвата взвешенных веществ. Вместе с тем, балансовые работы, выполненные на водосборах ручьев в Браславском районе [8], показали, что в период весеннего половодья при разливах, созданных искусственными препятствиями, отмечается снижение содержания соединений фосфора.

Объекты и методы исследований. Поскольку механизм формирования стока взвешенных и биогенных веществ в составе ручьев и малых рек, дренирующих водосборы с преимущественно минеральными почвами, изучен достаточно полно, предметом настоящих исследований выбраны мелиоративные системы с наличием гидротехнических сооружений. В качестве района исследований определен водосборный бассейн Вилейского водохранилища.

Вилейское водохранилище построено в 1974 г. на р. Вилии как русловое, сезонного регулирования. По проекту предназначалось для водоснабжения г. Минска и улучшения санитарного состояния р. Свислочь (в составе Вилейско-Минской водной системы) [7]. Площадь зеркала – 77 км², площадь мелководий – 18 км², длина – 30 км, ширина: максимальная – 4,0 км, средняя – 2,6 км; средняя глубина – 3,4 м. Объем: полный – 260,0 млн м³, полезный – 235 млн м³. Разность отметок НПУ и УМО – 6,0 м. Площадь водосбора в створе гидроузла – 4120 км².

Водосбор Вилейского водохранилища расположен в Нарочано-Вилейской низине, в пределах Белорусско-Валдайской природной физико-географической провинции [1]. Обширная Нарочано-Вилейская низина располагается между Минской, Ошмянской и Свенцянкой возвышенностями, ее высоты составляют 170–180 м над уровнем моря. Рельеф низины образован водами валдайского ледника. Позже она была переработана водами рек Вилии, Илии и Сервечь. В период таяния ледника на месте современной низины существовал обширный Нарочано-Вилейский приледниковый озерный водоем.

Наиболее существенными факторами, определяющими условия формирования выноса взвешенных веществ с территории водосбора, являются структура почвенных разностей, их гранулометрический состав, расчлененность гидрографической сети, развитость эрозионных процессов. Согласно почвенно-географическому районированию, исследуемый район относится к северной провинции северо-западного округа Вилейско-Докшицкого района дерново-подзолистых супесчаных почв. По механическому составу супесчаным почвам отводится 80 %, торфяным – 17 %, песчаным – 3 % площади исследуемой территории. В южной части водохранилища, примыкающей к н.п. Вязынь, преобладают дерново-подзолистые почвы на моренных и водно-ледниковых супесях, подстилаемых моренными суглинками, либо песками с глубины 0,5–0,7 м.

В юго-восточной части исследуемой территории, примыкающей непосредственно к водохранилищу, почвенный покров представлен преимущественно дерново-подзолистыми почвами, подстилаемыми с глубины 0,3–0,5 м песками. Южнее достаточно широко распространены дерново-подзолистые почвы на моренных и водно-ледниковых супесях, сложенных песками, либо суглинками с глубинами 0,5–0,7 м. В пойме рек Илия, Вилия и Косутка распространены дерново-подзолистые глееватые и глеевые почвы на песках, супесях и суглинках. В северо-восточной части широко представлены аллювиальные (пойменные) дерново-глееватые и глеевые почвы на супесчаном и песчаном аллювии.

В западной части водосбора в окрестностях г. Вилейки распространены дерново-подзолистые почвы на моренных и водно-ледниковых супесях, подстилаемых с глубины 0,3 м моренными суглинками, а чаще всего песками. Здесь же местами распространены дерново-подзолистые почвы более легкого механического состава, развитых на песках. Западнее, на отдельных относительно небольших по площади участках встречаются дерново-подзолистые глееватые и глеевые почвы на суглинках, супесях и песках. Подобный почвенный покров преобладает и в северной части водосбора у н.п. Куренец. Севернее, по направлению к п.г.т. Кривичи преобладают почвы более легкого механического состава: дерново-подзолистые, подстилаемые с глубины 0,2–0,3 м песками, которые в окрестностях п.г.т. Кривичи – н.п. Долгиново сменяются дерново-подзолистыми почвами на моренных и водно-ледниковых супесях, подстилаемые с глубины 0,5–0,7 м моренными суглинками, либо песками.

Исходный почвенный покров в значительной части трансформирован. Это в первую очередь касается западной части водосбора, где расположены г. Вилейка, н.п. Сосенка, Чижевичи, Куренец, Вязынь. В пределах населенных пунктов в местах частной застройки преобладают антропогенно преобразованные, слабдеформированные или окультуренные почвы.

Наличие мелиоративных систем существенным образом увеличивает вынос взвешенных веществ в гидрографическую сеть. На площади водосбора Вилейского водохранилища расположен ряд мелиоративных систем, оказывающих непосредственное влияние на его водные ресурсы.

С целью определения влияния гидротехнических сооружений на сток взвешенных веществ по гидрографической сети были определены три экспериментальных участка в пределах мелиоративных систем в районе н.п. Осташково, Рабунь и Кобузи. В системах мелиоративной сети в районах н.п. Осташково и Кобузи устроены шлюзы-регуляторы, возле н.п. Рабунь оборудована труба-регулятор с шахтным оголовком.

В пределах бассейна Вилейского водохранилища проведены полевые работы по исследованию гидрологического и гидрохимического режимов водотоков. Во время проведения натурных исследований производились измерения расходов и уровней воды, отбирались пробы на проведение гидрохимических анализов. Сеть пунктов наблюдений представлена на рис. 1. Обобщенные результаты гидрологических характеристик исследуемых водотоков представлены в табл. 1.

Оценку динамики взвешенных и биогенных веществ производили для периода летне-осенней межени – в июле и сентябре и периода весеннего половодья в 2009–2015 гг. выше и ниже расположения гидротехнических сооружений.

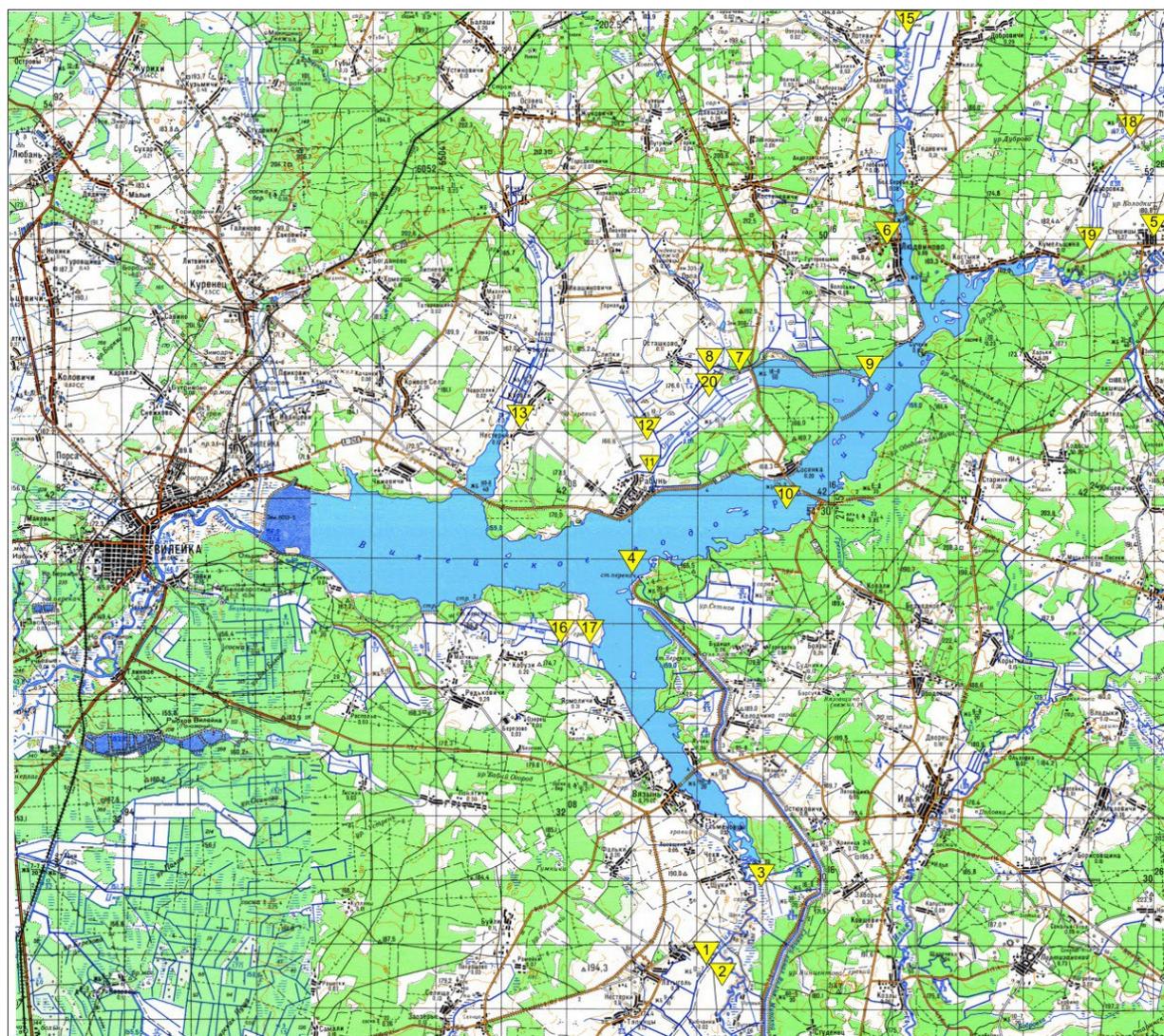


Рис. 1. Схема размещения пунктов наблюдений:  – пункты наблюдений

Т а б л и ц а 1. Гидрологические характеристики исследуемых водотоков бассейна Вилейского водохранилища в период летней межени

Номер пункта наблюдений	Название водотока	Местоположение	Расход воды Q, м³/с	Ширина водотока В, м	Глубина средняя Н _{ср.} , м	Средняя скорость течения U _{ср.} , м/с
5	Вилия	В/п Стешицы	5,7	16,5	0,79	0,43
6	Сервечь	Н.п. Людвиново	4,32	20,8	1,38	0,18
17	Мелиоративный канал	А/д н.п. Сосенка – н.п. Мядель	0,028	1,25	0,138	0,161
2	Илия	Н.п. Кухты	4,07	20,2	0,62	0,324
3	Илия	Н.п. Щуки	4,11	26,9	1,85	0,082
1	Мелиоративный канал	А/д н.п. Кухты – н.п. Рыбчанка	0,054	6,0	0,098	0,09

Результаты исследований. В соответствии с выполненными гидрохимическими анализами содержание взвешенных веществ в исследуемых водотоках в период летне-осенней межени колебалось в пределах 4,0–12,8 мг/дм³, фосфатов – в пределах 0,024–0,277 мг/дм³. В летние периоды, в пункте наблюдений за качеством воды на магистральном канале, впадающем в р. Орпа и расположенном до шлюза-регулятора (№8), среднее содержание взвешенных веществ составило 0,8 мг/дм³, а фосфатов – 0,277 мг/дм³. После прохождения шлюза-регулятора (№7) эти значения составили соответственно 0,6 мг/дм³ и менее чем 0,005 мг/дм³. Аналогичное уменьшение содержания взвешенных веществ и фосфора отмечено в осенние периоды. В пункте №8, расположенном до шлюза-регулятора, содержание взвешенных веществ составило 4,6 мг/дм³, а фосфатов – 0,013 мг/дм³. После прохождения шлюза-регулятора (№7) эти значения составили соответственно 0,1 мг/дм³ и менее чем 0,005 мг/дм³ (рис. 2, 3).

В месте наблюдений за качеством воды на магистральном канале, впадающем в р. Орпа и расположенном до шлюза-регулятора (№12), содержание взвешенных веществ составило 5,6 мг/дм³, а фосфатов – 0,498 мг/дм³. После прохождения шлюза-регулятора (№11) эти значения составили соответственно 0,8 и 0,081 мг/дм³ (рис. 4).

В осенние периоды в пункте №16, расположенном до шлюза-регулятора, среднее содержание взвешенных веществ составило 0,6 мг/дм³, а фосфатов – 0,050 мг/дм³. После прохождения шлюза-регулятора (№17) эти значения составили соответственно 0,5 и 0,075 мг/дм³ (рис. 5).

Исследования по изучению динамики выноса взвешенных и биогенных веществ по гидрографической сети в пределах бассейна Вилейского водохранилища в период весеннего половодья проводились в характерные гидрологические фазы стока: в период резкого увеличения расходов воды (период интенсивного снеготаяния) и спад пика половодья. Исследования проводились на семи мелиоративных каналах, шести реках и трех точках поверхностных вод Вилейского водохранилища.

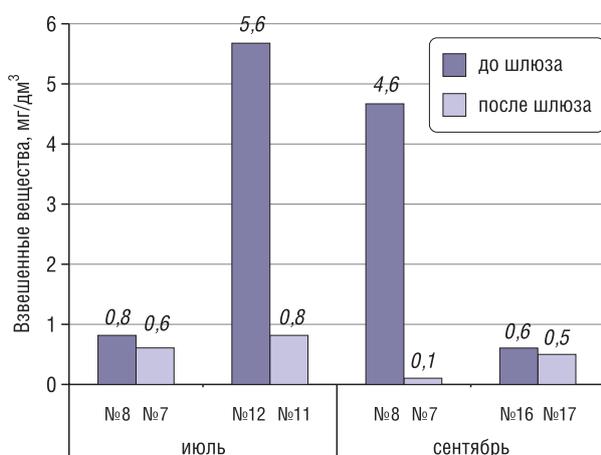


Рис. 2. Среднее содержание взвешенных веществ в водотоках бассейна Вилейского водохранилища в летне-осенние периоды

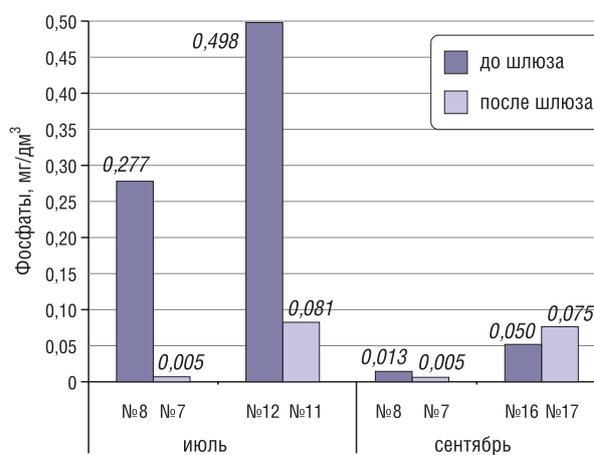


Рис. 3. Среднее содержание фосфатов в водотоках бассейна Вилейского водохранилища в летне-осенние периоды

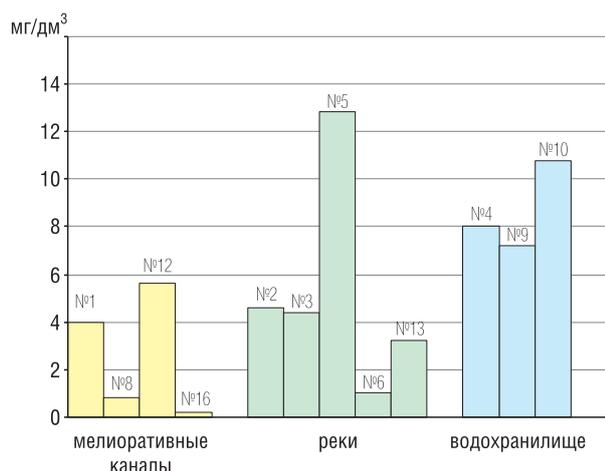


Рис. 4. Среднее содержание взвешенных веществ в поверхностных водах в летние периоды

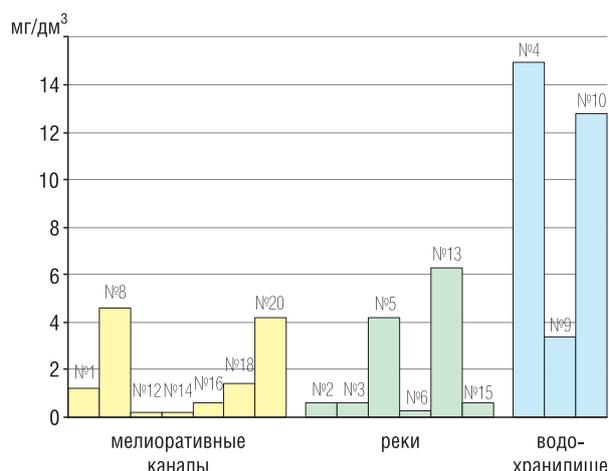


Рис. 5. Среднее содержание взвешенных веществ в поверхностных водах в осенний период

Содержание взвешенных веществ в пределах гидрографической сети бассейна Вилейского водохранилища в паводковый период отличалось сложной динамикой и определялось как характерными особенностями различных типов гидрологических объектов – каналы, реки, водохранилище, так и различиями в структуре их водосборных бассейнов, отличиями почвенного покрова, что и определяло характер поверхностного стока и концентрации взвешенных и биогенных веществ.

В период начала интенсивного снеготаяния и подъема пика половодий на протяжении изучаемого периода в системе мелиоративной сети выше шлюза-регулятора создавался подпор воды 1 м. Скорости течения воды уменьшались до минимальных значений. На подъеме пика половодья наибольшие значения концентраций взвешенных веществ отмечались в мелиоративных каналах, где максимальные значения составляли от 12,8 мг/дм³ (мелиоративный канал выше шлюза н.п. Осташково, №8) до 13,5 мг/дм³ (мелиоративный канал н.п. Заболотье, №14). В это время содержание взвешенных веществ в реках и в Вилейском водохранилище не превышало 4,0 мг/дм³ (рис. 6).

В период спада пика половодья течение воды в мелиоративной системе значительно уменьшалось. Подпор воды был значительно меньшим, а на сбросе, ниже шлюза-регулятора течение воды было также незначительным. Аналогичная ситуация складывалась в мелиоративной системе н.п. Рябунь. В период спада половодья максимальные концентрации взвешенных веществ в мелиоративных каналах не превышали значений 6,0 мг/дм³ (рис. 7). Полученные результаты хорошо согласуются с данными работы [6]. Содержание взвешенных веществ

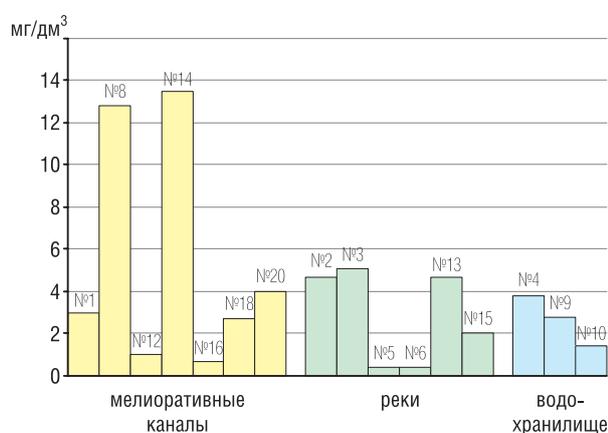


Рис. 6. Среднее содержание взвешенных веществ в поверхностных водах на подъеме пика половодья

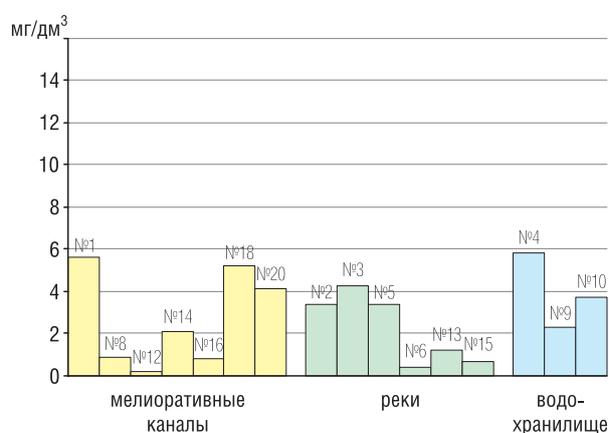


Рис. 7. Среднее содержание взвешенных веществ в поверхностных водах на спаде пика половодья

в речных водах и в Вилейском водохранилище на протяжении всего периода весеннего паводка было значительно меньше и не превышало значений $6,0 \text{ мг/дм}^3$.

Вместе с этим следует отметить, что для летне-осеннего периода соотношение содержания взвешенных веществ в водах мелиоративных каналов, реках и в Вилейском водохранилище несколько меняется. В этот период минимальные концентрации взвешенных веществ характерны для мелиоративных каналов (до $6,0 \text{ мг/дм}^3$), а в реках и Вилейском водохранилище содержание взвешенных веществ может достигать $14,5 \text{ мг/дм}^3$.

Повышенное содержание взвешенных веществ в Вилейском водохранилище в летне-осенний период определяется увеличением содержания автохтонного органического вещества, вызванного развитием фито- и зоопланктона. Аналогичное увеличение происходит и в речных водах. В мелиоративных каналах «цветение» лимитируется уменьшением величины pH в сторону кислотности и повышенной цветностью.

По многолетним данным среднегодовое содержание взвешенных веществ в Вилейском водохранилище составляет $4,7 \text{ мг/дм}^3$ [8]. Как отмечалось выше, часть количества этих взвешенных веществ является автохтонной, а часть – аллохтонной.

Произведено определение количества взвешенных веществ, поступивших в Вилейское водохранилище с территории водосбора. За величину автохтонной составляющей взвешенного вещества, т.е. произведенного за счет биомассы фито- и зоопланктона, взят осредненный суммарный показатель биомассы фито- и зоопланктона эвтрофных макрофитных водоемов по своим показателям наиболее близких для Вилейского водохранилища, который составляет $2,7 \text{ мг/дм}^3$ [8].

Таким образом, среднегодовая величина взвешенных веществ, образовавшихся в Вилейском водохранилище за счет поступления с территории водосбора, определена в $2,0 \text{ мг/дм}^3$. Это значение является фоновым для анализа формирования стока взвешенных веществ с территории водосбора в Вилейское водохранилище и определения эффективности гидротехнических сооружений в целях снижения поступления взвешенных веществ в водоем.

При анализе поступления фосфатов в составе поверхностного стока определенных закономерностей выявлено не было вследствие нахождения этой формы фосфора преимущественно в растворенной форме.

Несмотря на то что рассматриваемые гидротехнические сооружения по типам отличаются друг от друга, выявлены одинаковые закономерности прохождения весеннего половодья. Снижение концентрации взвешенных веществ также характерно и для периода весеннего половодья.

Выводы

Динамика формирования стока взвешенных веществ в годовом цикле водотоков сложная. Для водотоков с полевыми водосборами характерно резкое повышение концентраций взвешенных веществ в периоды весеннего снеготаяния. Во время весеннего половодья наблюдается почти полное совпадение фаз подъема, пика и спада водности и мутности. Увеличение концентраций взвешенных веществ в водотоках в этот период связано с интенсивными эрозионными процессами в пределах водосборных бассейнов. В летний период, дождевые паводки могут также вызвать случаи повышения концентраций взвешенных веществ, но в меньших масштабах. Для водотоков дренирующих мелиорированные земли на годовой ход стока накладывает отпечаток способность торфяных почв аккумулировать большие объемы воды и залповой разгрузки, а также регулирование гидрологического режима посредством шлюзов в зависимости от потребности сельскохозяйственного производства.

Среднегодовая величина взвешенных веществ, образовавшихся в Вилейском водохранилище за счет поступления с территории водосбора, определена в $2,0 \text{ мг/дм}^3$. Это значение является фоновым для анализа формирования стока взвешенных веществ с территории водосбора в Вилейское водохранилище и определения эффективности гидротехнических сооружений в целях снижения поступления взвешенных веществ в водоем.

Регламентирование поступления взвешенных веществ по гидрографической сети с использованием гидротехнических сооружений основано на регулировании транспортирующей способности водотока, с учетом фазы гидрологического стока и гидрологической крупности транспортирующихся частиц.

Выявлена обратная пропорциональная зависимость между диаметром взвешенных частиц и транспортирующей способностью водотока, т.е. насколько увеличивается диаметр частиц, ровно на столько же уменьшается транспортирующая способность водотока (увеличение диаметра частиц от 0,005 до 0,05 мм повлекло за собой уменьшение транспортирующей способности потока в 10 раз, увеличение до 0,1 мм – в 20 раз, увеличение до 0,2 мм – в 35,6 раза). Выявленные зависимости позволяют регламентировать работу гидротехнических сооружений по уменьшению выноса взвешенных частиц в гидрографическую сеть путем изменения скоростной структуры потока, выражающегося в уменьшении скорости течения.

Наиболее приемлемыми гидротехническими регулирующими сооружениями, обеспечивающими снижение выноса взвешенных веществ с мелиорируемых территорий, являются шлюзы и трубы-регуляторы, шандоры, полузапруды.

На основании данных, полученных в результате проведенных исследований, разработан ТКП 17.06-07 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Порядок снижения поступления взвешенных веществ в водоемы методом устройства регулирующих гидротехнических сооружений в системе гидрографической сети».

Список использованных источников

1. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т. Н. Кулаковской. – Минск: Ураджай, 1974. – 328 с.
2. Алисиевич, М. К. Распределение органических и минеральных фосфатов в дерново-подзолистых почвах БССР / М. К. Алисиевич, М. К. Рахуба // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. – 1979. – №2. – С. 71–73.
3. Аношко, В. С. Оценка влияния мелиорации на качество природных вод Белоруссии / В. С. Аношко, В. С. Брезгунов // Влияние хозяйственной деятельности на природу Белоруссии. – Минск: БГУ, 1981. – С. 48–55.
4. Романов, В. П. Характеристика поступления соединений азота и фосфора в оз. Нарочь с ручьевым стоком / В. П. Романов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. – 1984. – №3. – С. 64–68.
5. Широков, В. М. Пруды Белоруссии / В. М. Широков, И. И. Кирвель. – Минск: Ураджай, 1987. – 120 с.
6. Романов, В. П. Формирование стока биогенных веществ в малые озера из рассеянных источников (на примере Белорусского Поозерья): дис. ... канд. геогр. наук: – 11.00.01 : защищена 11.12.85 : утв. 7.05.86 / Романов Виктор Петрович. – Минск, 1985. – 152 с. – Библиогр. : с. 137–152.
7. Водохранилища Беларуси. Справ. – Минск, 2005. – 182 с.
8. Разработать статистическую модель определения степени антропогенной трансформации озерных водоемов: отчет о НИР (заключительный): 967-68 / Белгосуниверситет; рук. В. П. Романов; исполн.: В. П. Романов [и др.]. – Минск, 1999. – 60 с. – Библиогр.: с. 58-60. – № гос. регистр. 19974225.

Поступила 21.03.2018