

МОНИТОРИНГОВЫЕ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И
ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
MONITORING, EXPERIMENTAL AND EXPEDITIONARY RESEARCH

Научная статья / Scientific paper

УДК 556.5.04; 551.579.4

DOI: 10.34753/HS.2024.6.3.290

**Влияние зарастания и заиления речного русла на водный режим рек
(на примере р. Полометь)**

М.Л. Марков, А. С. Марунич

Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: 2014mml@gmail.com

Аннотация. На многих малых равнинных реках в результате естественных причин и хозяйственной деятельности на водосборах происходит заиление и зарастание русел рек. Если сток воды в целом устойчив в многолетнем разрезе, то нарушение баланса в системе «сток воды – сток наносов» происходит за счет изменения стока наносов. Смена хозяйственной деятельности на водосборах, извлечение из русла строительного материала, активизируют эрозионные процессы и поступление наносов в водный поток. В результате образуются протяженные отмели на нижележащих участках рек, где уменьшаются уклоны русел, создаются благоприятные условия для зарастания. Зарастание приводит к еще большему снижению транспорта наносов и заилению русел рек. Цель статьи – показать роль зарастания и заиления в изменение водного режима на примере р. Полометь (бассейн оз. Ильмень). Проведен сравнительный анализ изменения стока реки на участке длиной 8 км за период свободного и заиленного, заросшего русла. Установлено методом руслового баланса, что зарастание с заилением привело к потере 10–15 % годового стока. Из-за снижения пропускной способности русла часть воды стала растекаться по обширной заболоченной низине. Основная часть этой воды испаряется на подтопленной и затопленной территории, включая заросшие и заболоченные в последние годы сенокосы, и пашни. Потери стока на эвапотранспирацию сопоставимы с испаряемостью. Заиление и зарастание меняют условия прохождения паводков и их влияние на р. Полометь сопоставимо с озерным регулированием. Происходит снижение максимальных расходов воды, сглаживание волны паводка и увеличение продолжительности стояния высоких вод. Ввиду высокой стоимости расчистки русел в условиях современных тенденций изменения климата и происходящего снижения максимальных расходов воды весеннего половодья следует ожидать дальнейший рост зарастания и заиления русел малых рек. Это еще больше может сказаться на безвозвратных потерях водных ресурсов на испарение.

Ключевые слова: река Полометь; водный режим; зарастание и заиление русла; подтопление территорий, испарение, испаряемость, трансформация гидрографа.

Для цитирования: Марков М.Л., Марунич А.С. Влияние зарастания и заиления речного русла на водный режим рек (на примере р. Полометь) // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2024. Т. 6. Вып. 3. С. 290–298. DOI: 10.34753/HS.2024.6.3.290.

**The Impact of Overgrowth on the Water Regime of Rivers
(using the Polomet River as an example)**

Mikhail L. Markov, Alexander S. Marunich

State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia

e-mail: 2014mml@gmail.com

Abstract. Siltation and overgrowth of riverbeds occur on many small flat rivers as a result of natural causes and economic activities in the catchments. If the water runoff is generally stable over the long term, then the imbalance in the "water runoff – sediment runoff" system occurs due to changes in sediment runoff. The change of economic activity in the catchments, the extraction of building material from the riverbed, activate erosion processes and sediment flow into the water stream. As a result, long shoals are formed on the underlying river sections, where the

slopes of the riverbeds decrease. Favorable conditions for overgrowth are created here. Overgrowth leads to an even greater decrease in sediment transport and siltation of riverbeds. The purpose of the article is to show the role of overgrowth and siltation in changing the water regime using the example of the Polomet River (Lake Ilmen basin). A comparative analysis of changes in river flow in an 8 km long section during the period of free and silted, overgrown riverbed has been carried out. It was established by the channel balance method that overgrowth with siltation led to a loss of 10–15 % of the annual runoff. Due to the decrease in the flow rate of the riverbed, some of the water began to spread over a vast swampy lowland. Most of this water evaporates in flooded and flooded areas, including overgrown and swampy hayfields and arable land in recent years. Runoff losses for evapotranspiration are comparable to evaporation. Siltation and overgrowth change flood conditions and their effect on the Polomet River is comparable to lake regulation. There is a decrease in the maximum water consumption, smoothing of the flood wave and an increase in the duration of standing high waters. Since clearing riverbeds is extremely expensive, in the context of current climate change trends and the ongoing reduction in the maximum water consumption of spring floods, a further increase in overgrowth and siltation of small riverbeds should be expected. This can have an even greater impact on the irretrievable loss of water resources by evaporation.

Key words: the Polomet River; water regime; overgrowth of the riverbed; flooding of territories; evaporation; evaporability; hydrograph transformation.

For citation: Markov M.L., Marunich A. S. The Impact of Overgrowth on the Water Regime of Rivers (using the Polomet River as an example). Hydrosphere. Hazard processes and phenomena, 2024, vol. 6, iss. 3, pp. 290–298. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.34753/HS. 2024.6.3.290.

Введение

Водный режим рек зависит не только от притока воды с прилегающей территории, но и от пропускной способности русел и пойм. В естественных условиях на пропускную способность могут влиять морфологическое строение русла и растительность. В зимний период к этому добавляются ледовые явления.

Морфологическое строение русла может меняться вследствие нарушения баланса в стоке воды и в стоке наносов. И если сток воды в целом устойчив в многолетнем разрезе, то нарушение баланса в системе «сток воды – сток наносов» происходит почти исключительно за счет изменения стока наносов. Он может меняться как за счет изменчивости эрозионно-аккумулятивных процессов в русле и на водосборах с расположенных выше по течению участков, так и из-за зарастания водной растительностью. Зарастание дна, берегов русла и поймы вызывает снижение транспорта наносов и образование гряд, побочней, осерёдков. Кроме того, избыточный рост высшей водной растительности приводит к «заилению» водотока остатками растительности. Особенно большое влияние оказывают жёсткие формы многолетней растительности (рогоз, камыш, аир, хвощ, череда, многочисленные виды осок и другие), которые снижают транспортирующую способность потока круглый

год. Таким образом, пропускная способность русел и пойм рек может изменяться из-за двух, иногда взаимосвязанных процесса заиления и зарастания. Влияние этих процессов на водный режим рассмотрено на примере участка реки Полометь в так называемой «Лычковской котловине». Здесь ранее имелись более 10 тыс. га территории, которая издавна использовалась местными жителями в качестве сенокосных угодий. Но в последние три десятилетия эта территория постепенно стала непригодной для ведения сельскохозяйственных работ и даже проживания в селениях, которые существуют здесь уже более трехсот лет. Причина – подтопление и затопление территории из-за снижения пропускной способности русла и поймы.

Изменение стока наносов в реке Поломети происходит на разных её участках под действием разных факторов, проявившихся в пределах ее водосбора в прошлое время и сейчас. Большие выемки камня для строительных работ из русла реки, начавшиеся еще в начале XX века и продолжавшиеся до 1940-х гг. на ее возвышенном участке, привели к большим размывам коренных моренных склонов долины. Возросло поступление наносов в поток, в результате которого на нижележащих участках реки с малыми уклонами потока образовалось протяженное по реке аккумулятивное песчаное тело. Оно достигло к началу 1940-х гг.

Лычковской котловины и привело здесь к обмелению русла [Клавен, Виноградов, Решентников, 2019; Клавен, Копалиани, 2011]. В связи с уменьшением пропускной способности русла уже в 1950-е гг. прошлого столетия, чаще и продолжительнее стали затопления поймы, началось ее заболачивание и зарастание кустарниковой растительностью. Для сохранения от заболачивания пахотных и сенокосных полей в «Лычковской котловине» в 1953 г. на участке Поломети был устроен канал 4-километровой длины, спрямивший несколько излучин между устьями ее притоков Хоронятки и Ямницы. Он успешно эксплуатировался до 1989 г., обеспечивая ограниченные площади затоплений на пойме и ускоренный сброс воды с прилегающей территории. Случайно образованные скопления древесного мусора в канале своевременно ликвидировались местными жителями, заинтересованными в сохранении его пропускной способности. После начала 1990-х гг. в период структурной перестройки экономики в стране канал был заброшен и начал зарастать.

Зарастание русел в летний период встречается на многих малых равнинных реках. В гидрометрии зарастанию уделено значительное внимание из-за того, что оно увеличивает сопротивление потоку в русле, и нарушается устойчивая связь между уровнем и расходом воды. Это затрудняет определение ежедневных расходов воды при редком их измерении и требует определенной корректировки¹.

Зарастание на реках – это естественный процесс и наблюдался всегда, но начиная с 1990-х гг. его интенсивность на территории России стала возрастать. В это время колхозы прекратили свое существование и в сельском хозяйстве наступил экономический спад. Государственная помощь совхозам и колхозам была полностью прекращена. Но перед этим в конце 1980-х гг. был исторический максимум производства минеральных удобрений [Сидоров, 2024], а также поголовья скота и птиц². Поэтому, несмотря на то,

что сельхозпредприятия были в упадке, в реки продолжало поступать значительное количество отходов животноводства с ферм, органических и минеральных удобрений с сельхозполей при резком снижении их усвоения уменьшающимися урожаями. Следует также отметить, что большинство очистных сооружений как в стране, так и в бассейне р. Полометь были построены еще в 1960–70-х гг. и в начале 1990-х гг. возникли проблемы с их эксплуатацией, ремонтом и заменой оборудования из-за экономических трудностей. В результате в реки стало поступать больше неочищенных стоков, что также способствовало активизации зарастания русел.

В центральной и южной части Европейской территории России отмечается, что росту зарастания также способствовало снижение максимальных расходов воды половодья [Дмитриева, 2014; Научно-прикладной справочник 2020], которые ранее переносили смываемые удобрения вниз по течению и не аккумулировали их в большом количестве в донных отложениях малых рек [Сидорчук, 1995].

Уменьшение пропускной способности малых рек при зарастании приводит к подъему уровней воды в летний период на 0,5–1,5 м [Леонов, 1960; Шарина, 2017], подтоплению прибрежных территорий, росту испарения и увеличению регулирующей емкости стока в руслах рек.

В математических моделях гидравлики речного потока фактор зарастания, как дополнительного сопротивления учитывается [Асанова, 1981; Казмирук, 1990; Лудов, 1981; Green, 2005; Cotton, Wharton, Bass, Wotton, 2006]. При этом моделирование используется преимущественно для небольших участков рек, так как данных для протяженных участков недостаточно. Поэтому гидрологическая роль зарастания остается мало изученной.

Цель настоящей статьи – выполнить оценку роли произошедших заиления и зарастания в

¹ Рекомендации Р 52.08.872–2018. Оперативный учет стока на водотоках. Методы обработки наблюдений за уровнями и расходами воды (утверждены Росгидрометом 13.02.2018).

² Рекорды животноводства России за 60 лет (1958-2018) [Электронный ресурс] // Агропром и пищевая промышленность. 2020. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/129239/?ysclid=m67m991iqf813381609>

изменении водного режима на примере р. Полометь.

Методы

Оценка влияния снижения пропускной способности частично канализованного русла реки на сток рассмотрена на примере р. Полометь (бассейн оз. Ильмень), где это явление наблюдается на участке с тремя относительно близко расположенными гидрологическими постами с длинными рядами наблюдений за водным режимом.

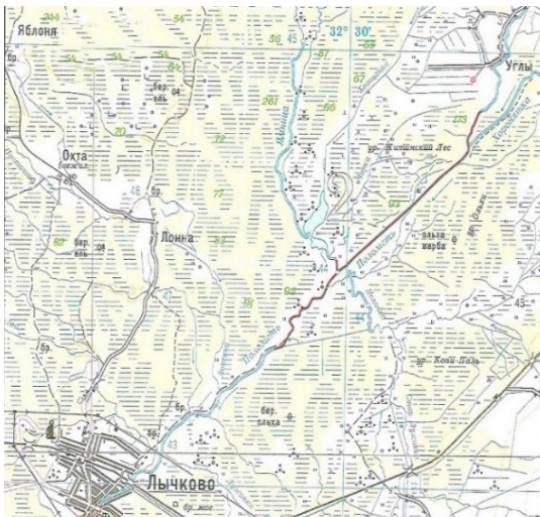
Русло этой реки заиливается, зарастает и засоряется упавшими деревьями на участке между поселками Ермошкино/Углы и Лычково (рисунок 1). Длина участка составляет около 8 км, в том числе 4 км канализованного русла. В результате существенного прекращения стока по руслу реки возникает подпор вверх по течению. Так как долина реки здесь представляет плоскую равнину с высокой степенью заболоченности, то подпор распространяется по мелиоративной сети на значительной территории площадью около 175 км² в верх по течению от пос. Лычково примерно на 15 км.

Оценка изменения стока реки Полометь из-за заиления и зарастания русла и поймы выполнена на

основе многолетних наблюдений на трех постах Валдайского филиала «Государственного гидрологического института» (далее ГГИ) в пгт. Яжелбицы, с. Лычково и д. Ермошкино [Научно-прикладной справочник, 2021]. Пост в пгт. Яжелбицы расположен выше зоны подпора, а пост в п. Лычково – ниже. Между этими постами расстояние по реке около 35 км. Пост ГГИ, который расположен в д. Ермошкино, находится в зоне подпора, не использовался в оценке из-за неполного учета стока при выходе воды на пойму при подпоре от заиленного и заросшего участка русла.

По постам в пгт. Яжелбицы и с. Лычково выявлена устойчивая связь среднего годового стока за период, когда не было зарастания русла (1961–1970 гг.) (рисунок 2). По этой связи восстановлен условно естественный сток реки в с. Лычково до 2021 г., который мог бы быть, если бы отсутствовало заиление и зарастание. Далее рассчитано изменение стока в с. Лычково по отношению к восстановленному условно естественному стоку. Результаты осреднены за 10-летние периоды для снижения ошибки разности руслового баланса (рисунок 3).

а



б



Рисунок 1. Расположение участка зарастания на р. Полометь на топографической карте (выделено коричневым цветом) (а) и на космоснимке (б)

Figure 1. Location of the overgrown area on the Polomet River on a topographic map (highlighted in brown) (a) and on a satellite image (b)

Результаты и их обсуждение

По графику на рисунке 3 видно, что разница среднего годового стока в нарушенных заилением и зарастанием условиях по сравнению с «чистым»

руслом может составлять от 2 до 3,5 м³/с (10–15 % от годового стока р. Полометь в створе п. Лычково). Что происходит с этой водой, задержанной на площади около 175 км²? Вероятно, незначительная часть её расходуется на пополнение подземных вод

в моренных суглинистых отложениях, а основная часть испаряется с водной поверхности и растениями, которые покрывают всю эту территорию, включая заросшие и заболоченные в последние годы сенокосы и пашни. Указанная

выше разница в стоке в пересчете на суммарную величину эвапотранспирации на рассматриваемом участке составит около 540 мм в год. Это практически равно величине испаряемости для Валдайской возвышенности.

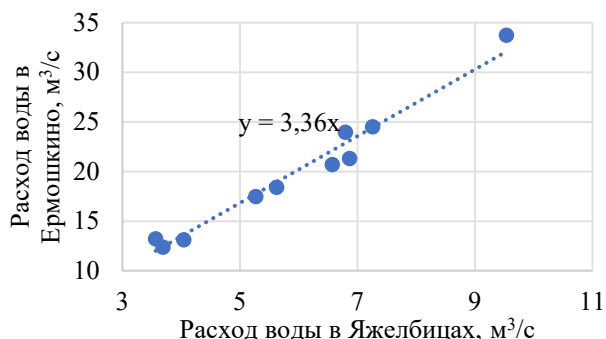


Рисунок 2. Связь расхода воды в р. ПолOMET в створе с. Лычково с расходом в пгт. Яжелбицы в период отсутствия зарастания русла (1961–1970 гг.)

Figure 2. The relationship between the water flow in the Polomet River in the Lychkovo village section and the flow in the Yazelbitsy urban-type settlement during the period of no overgrowing of the riverbed (1961–1970)

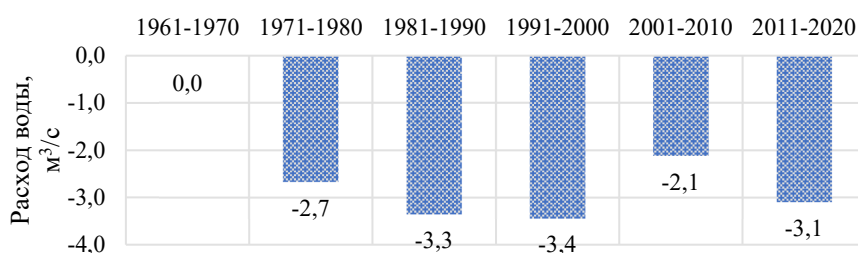


Рисунок 3. Потери стока в створе с. Лычково из-за зарастания русла р. ПолOMET выше по течению (срeдинe за периоды 10 лет)

Figure 3. Losses of runoff in the Lychkovo village section due to overgrowing of the Polomet river bed upstream (average for 10-year periods)

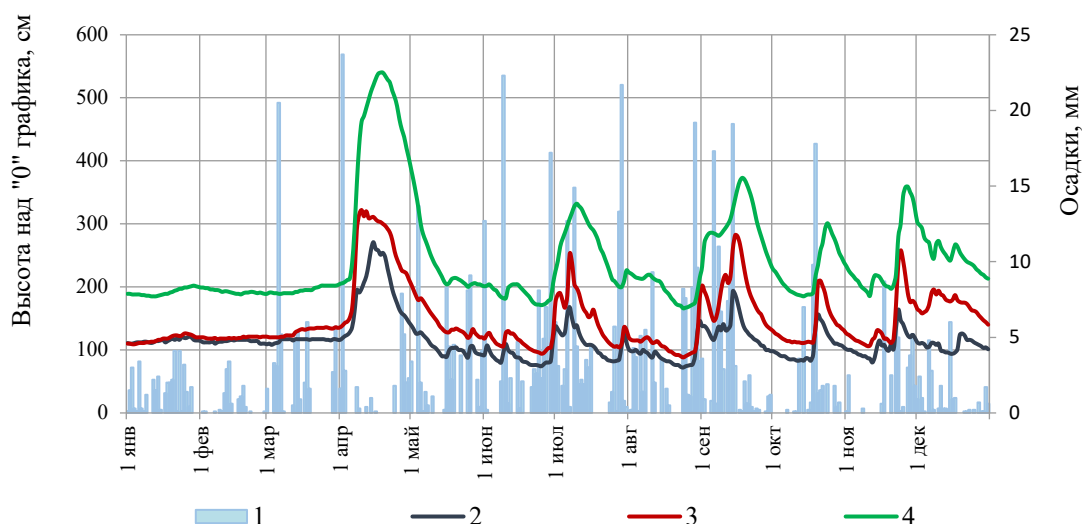


Рисунок 4. Ход уровня воды в р. ПолOMET до зарастания русла в 1962 г.: 1 – осадки, мм; 2 – пост Ермошкино (Свдсб – 1180 км²), 3 – пост Яжелбицы (Свдсб – 631 км²), 4 – пост Лычково (Свдсб – 2180 км²)

Figure 4. The water level in the Polomet River before the riverbed became overgrown in 1962:

1 – precipitation, mm; 2 – Ermoshkino gauging station (CDA – 1,180 km²), 3 – Yazhelbitsy gauging station (CDA – 631 km²), 4 – Lychkovo gauging station (CDA – 2,180 km²)

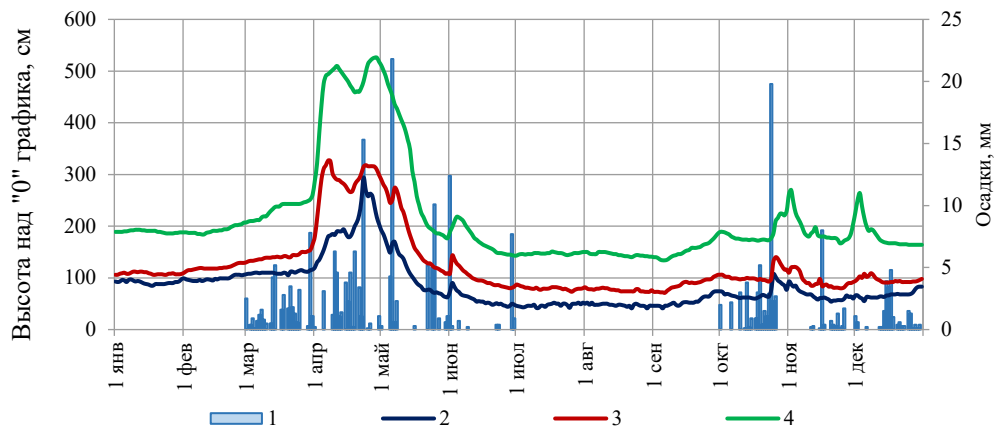


Рисунок 5. Ход уровня воды в р.Полометь до зарастания русла в 1966 г.: 1–4 как на рисунке 4

Figure 5. The water level in the Polomet River before the riverbed became overgrown in 1966: 1–4 same as at Figure 4

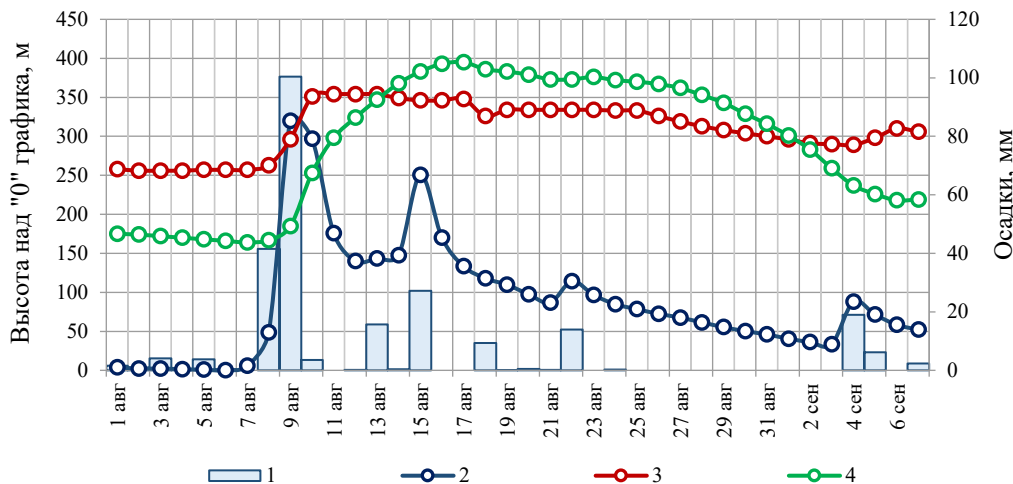


Рисунок 6. Ход уровня воды в р.Полометь в 2019 г. (1 августа– 7 сентября): 1–4 как на рисунке 4

Figure 6. Water level in the Polomet River in 2019 (August 1 – September 7): 1–4 same as at Figure 4

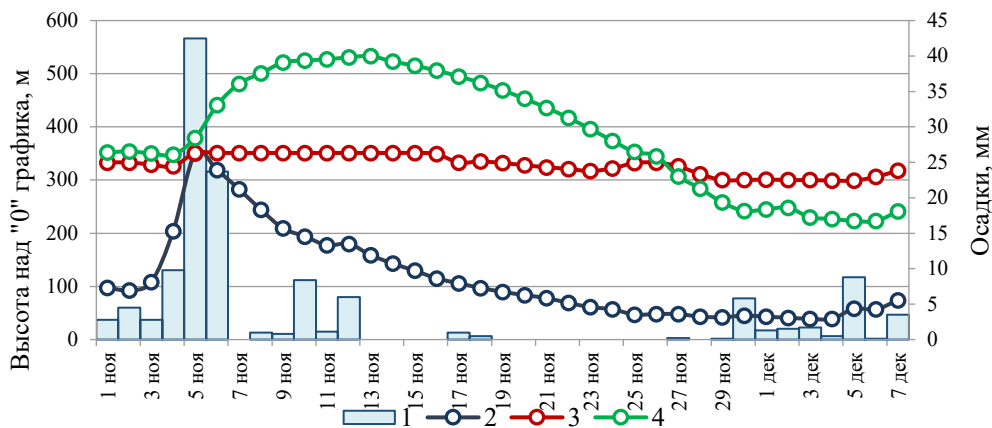


Рисунок 7. Ход уровня воды в р. Полометь в 2019 г. (1 ноября – 7 декабря): 1–4 как на рисунке 4

Figure 7. Water level in the Polomet River in 2019 (November 1 – December 7): 1–4 same as at Figure 4

Следует также отметить, что заиление и зарастание русла может регулировать уровенный режим в период прохождения паводков (рисунки 4–7). По этим рисункам видно, что на посту в с. Ермошкино, расположенном в зоне подпора, уровни воды из-за аккумуляции большого объема воды и медленной его сработки остаются длительным периодом на высоких отметках. Это приводит к существенному сглаживанию волны паводка на нижележащем створе в с. Лычково.

Заключение

Интенсивность зарастания и заиления русел малых рек возросла с начала 1990-х гг. из-за поступления в их донные отложения удобрений, отходов животноводства. Этому также способствует изменение внутригодового стока рек – снижение максимальных руслоформирующих расходов воды весеннего половодья из-за потепления климата.

Рассмотренный в статье пример показывает, что происходящее при заилении и зарастании русел снижение пропускной способности и возникновение подпора может привести к переувлажнению прилегающих территорий. Потери стока на них на эвапотранспирацию могут быть существенными и равными испаряемости.

Снижение пропускной способности русел и пойм рек при заилении и зарастании меняет

Литература

Асанова Д.А. Гидравлические сопротивления и кинематика заросших каналов // Труды Моск. Гидромелиоративного института. М.: Изд-ва МГМИ, 1981. Т. 68. С. 135–141.

Дмитриева В.А. Экстремальная водность как фактор нарушения гидроэкологической безопасности в бассейне верхнего Дона // Аридные экосистемы, 2014. Т. 20. №2 (59), С. 12–18.

Казмирук В.Д. Гидравлические сопротивления высшей водной растительности // Водные ресурсы. 1990. №1. С. 147–154.

Клаев А.Б., Копалшани З.Д. Экспериментальные исследования и гидравлическое моделирование

условия прохождения паводков, и на равнинных территориях его влияние может быть сопоставимо с озерным регулированием. Происходит снижение максимальных расходов воды, сглаживание волны паводка и увеличение продолжительности стояния высоких вод.

Так как расчистка русел чрезвычайно дорога, то в условиях современных тенденций изменения климата и возрастающих успехов аграриев по повышению урожайности с использованием большего количества удобрений, следует ожидать дальнейший рост зарастания и заиления русел малых рек в сельскохозяйственных районах. Особенно оно ярко проявляется в черноземной зоне России, где условия для роста водной растительности более благоприятны. Следует отметить, что зарастание имеет ярко выраженный внутрисезонный ход и может приводить к перераспределению части речного стока с первой половины лета на осень.

Приведенный в статье пример отражает локальные особенности влияния заиления и зарастания на гидрологический режим. Для понимания этого явления в гидрологии в более широком географическом аспекте необходимо продолжить начатые исследования, так как оно влияет не только на потери водных ресурсов, уровенный режим, но и на базис дренирования подземных вод и, возможно, на русловые процессы малых рек.

References

Asanova D.A. Gidravlicheskie soprotivlenija i kinematika zarosshih kanalov. [Hydraulic resistance and kinematics of overgrown channels]. *Trudy Mosk. Gidromeliorativnogo instituta*. Moscow. Izd-va MGMI, 1981, vol.68, pp. 135–141. (In Russian).

Dmitrieva V.A. Jekstremal'naja vodnost' kak faktor narushenija gidroekologicheskoj bezopasnosti v bassejne verhnego Dona [Extreme water content as a factor in violating hydroecological safety in the upper Don basin] *Aridnye jekosistemy*, 2014, vol. 20, no. 2 (59), pp. 12–18. (In Russian).

Kazmiruk V.D. Gidravlicheskie soprotivlenija vysshej vodnoj rastitel'nosti [Hydraulic resistance of

речных потоков и руслового процесса / СПб., Нестор-История, 2011. 544 с.

Клавен А.Б., Виноградов В.А., Решентников Ф.Ю. Русловые процессы реки Полометь в XX веке и теперь // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием, объединенной с XXXIV пленарным совещанием Межвузовского научно-координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. М.: Изд-во Ленанд, 2019. С. 243–244.

Леонов Е.А. Некоторые характеристики зарастающего речного русла в связи с методикой учета стока воды // Труды ГГИ. 1960. Вып.77. С. 74–85.

Лудов В.А. Исследование гидравлических сопротивлений зарастающих водотоков: Дис.. канд. тех. наук. М., 1981. 141 с.

Научно-прикладной справочник: Многолетние изменения элементов водного баланса на воднобалансовых и болотных станциях. СПб.: ООО "РИАЛ", 2021. 202 с.

Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Дон. СПб.: 2020. Свое издательство. 262 с.

Сидоров И.В. Химизация сельского хозяйства России: из истории науки и техники // Научно-технологическое развитие России в условиях новых вызовов: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 13 июня 2024 г. / Под общ. ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2024. С. 5–11

Сидорчук А.Ю. Эрозионно-аккумулятивные процессы на Русской равнине и проблемы заиления малых рек // Тр. Академии водохозяйственных наук, серия Водохозяйственные проблемы русловедения. 1995. Т. 1. С.74–83.

Шарина Ю.В. Методика оперативного учета стока в условиях зарастания русла (на примере

higher aquatic vegetation]. *Vodnye resursy*, 1990, no.1, pp. 147–154. (In Russian).

Klaven A.B., Kopaliani Z.D. *Jeksperimental'nye issledovanija I gidravlichesкое modelirovanie rechnyh potokov I ruslovogo processa [Experimental studies and hydraulic modeling of river flows and channel process]* St. Petersburg. Nestor-Istorija, 2011. 544 p. (In Russian)

Klaven A.B., Vinogradov V.A., Reshentnikov F.Ju. *Ruslovyje problem reki Polomet' v XX veke I teper' [Channel processes of the Polomet River in the 20th century and now]. Zakonomernosti projavlenija jerozionnyh I ruslovyh processov v razlichnyh prirodnyh uslovijah. Materialy V Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, obedinennoj s XXXIV plenarnym soveshhanjem Mezhvuzovskogo nauchno-koordinacionnogo soveta po probleme jerozionnyh, ruslovyh I ust'evyh processov [Patterns of manifestation of erosion and riverbed processes in various natural conditions. Proc. Of the V All-Russian Scientific Conf. with int. particip., combined with the XXXIV plenary meeting of the Interuniversity Scientific Coordinating Council on the problem of erosion, riverbed and estuarine processes]. Moscow. Izd-vo Lenand, 2019, pp. 243–244. (In Russian)*

Leonov E.A. *Nekotorye harakteristiki zarastajushhego rechnogo rusla v svjazi s metodikoj ucheta stoka vody [Some characteristics of an overgrowing river channel in connection with the methodology for accounting for water flow]. Trudy GGI. 1960, vol.77, pp.74–85. (In Russian)*

Ludov V.A. *Issledovanie gidravlicheskih soprotivlenij zarastajushhih vodotokov [Study of hydraulic resistance of overgrowing watercourses]. Diss. Kand. I. Nauk. Moscow, 1981. 141 p. (In Russian)*

Nauchno-prikladnoj spravochnik: *Mnogoletnie izmenenija jelementov vodnogo balansa na vodnobalansovyh I bolotnyh stancijah [Scientific and applied reference book: Long-term changes in water balance elements at water balance and marsh stations]. St. Petersburg. ООО "RIAL", 2021. 202 p.*

Nauchno-prikladnoj spravochnik: *Osnovnye gidrologicheskie harakteristiki vodnyh obektov bassejna reki Don. [Scientific and applied reference book: Main hydrological characteristics of water*

реки Матыра в створе села крутое) // Водное хозяйство России. №2, 2017. С. 73–92.

Cotton J, Wharton G, Bass J, Heppell C, Wotton R. 2006 The effects of seasonal changes to in-stream vegetation cover on patterns of flow and accumulation of sediment // *Geomorphology*. Vol. 77, P. 320–334. DOI:10.1016/j.geomorph.2006.01.010.

Green J.C. 2005 Modelling flow resistance in vegetated streams: review and development of new theory // *Hydrol. Processes* 19, P.1245–1259. DOI:10. 1002/hyp.5564.

bodies of the Don River basin]. St. Petersburg. 2020. Svoe izdatel'stvo. 262 p.

Sidorov I.V. Himizacija sel'skogo hozjajstva Rossii: iz istorii nauki i tehniki [Chemicalization of agriculture in Russia: from the history of science and technology]. *Nauchno-tehnologicheskoe razvitie Rossii v uslovijah novyh vyzovov: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchnoprakticheskoj konferencii 13 ijunja 2024 g. [Scientific and technological development of Russia in the context of new challenges: a collection of scientific papers based on the materials of the Int. Scientific and Practical Conf. on June 13, 2024 / Under the general editorship of E. P. Tkacheva]*. Belgorod. OOO Agentstvo perspektivnyh nauchnyh issledovanij (APNI), 2024. Pp. 5–11. (In Russian).

Sidorchuk A.Ju. Jerozionno-akkumuljativnye 298roblem na Russkoj ravnine I 298roblem zailenija malyh rek [Erosion-accumulative processes on the Russian Plain and problems of siltation of small rivers]. *Tr. Akademii vodohozjajstvennyh nauk, serija Vodohozjajstvennye problemy ruslovedenija*, 1995, vol. 1, pp.74–83. (In Russian).

Sharina Ju.V. Metodika operativnogo ucheta stoka v uslovijah zarastanija rusla (na primere reki Matory v stvore sela krutoe) [Methodology for operational flow accounting in conditions of channel overgrowth (using the Matory River as an example in the Krutoe village section)]. *Vodnoe hozjajstvo Rossii*, 2017, no.2, pp. 73–92. (In Russian).

Cotton J., Wharton G., Bass J., Heppell C., Wotton R. The effects of seasonal changes to in-stream vegetation cover on patterns of flow and accumulation of sediment. *Geomorphology*, 2006, vol. 77, pp. 320–334. DOI:10.1016/j.geomorph.2006.01.010.

Green J.C. 2005 Modelling flow resistance in vegetated streams: review and development of new theory. *Hydrol. Processes* 19, 1245–1259. DOI:10. 1002/hyp.5564.

Поступила в редакцию / Received 09.03.2025

Принята к публикации / Accepted 26.03.2025