

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК С МЕЛИОРИРУЕМОГО АГРОЛАНДШАФТА В УСЛОВИЯХ МЕЩЁРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

П. И. Пыленок, доктор технических наук

Мещёрский филиал ФГБУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.И. Костякова», г. Рязань, Россия

Аннотация. В ходе натурного эксперимента и агроэкологического мониторинга выполнена оценка количества и качества дождевого поверхностного стока летнего периода и его воздействия на окружающую природную среду в условиях мелиорируемого агроландшафта. Установлено, что при выпадении атмосферных осадков в размере 89 мм за декаду с максимальной интенсивностью более 1 мм/мин на катене локального водосбора мелиорируемого агроландшафта формировался максимальный модуль дождевого поверхностного стока в размере 0,0148 л/с•га. Качество воды поверхностного стока по основным показателям сопоставимо с качеством дренажных вод и отличается от последних только более высоким сухим остатком. В условиях использования почв катены под травами и лесом большинство показателей дренажных и поверхностных вод не превышает предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Исключение составляют железо общее и аммиачный азот, концентрация которых превышает ПДК рыбохозяйственного водопользования соответственно в 1,5 раза и 5 раз, что создает риски эвтрофирования природных вод.

Ключевые слова: дождевой поверхностный сток, осушение, катена, агроэкологический мониторинг, дренажные и поверхностные воды, концентрация загрязняющих веществ.

P. I. Pylenok

SURFACE RUNOFF FROM THE RECLAMED AGRO-LANDSCAPE IN THE CONDITIONS OF THE MESHCHERSKY LOWLAND

Abstract. In the field experiment and agroecological monitoring, an assessment of the quantity and quality of summer rain surface runoff and its impact on the environment in a reclaimed agricultural landscape was carried out. It was found that when precipitation fell in the amount of 89 mm per decade with a maximum intensity of more than 1 mm/min, the maximum modulus of rain surface runoff in the amount of 0.0148 l/s•ha was formed in the catenae of the local catchment area of the reclaimed agricultural landscape. According to the main indicators, the quality of surface runoff water is comparable to the quality of drainage water and differs from the latter only in a higher dry residue. Under conditions of using catena soils under grasses and forests, most indicators of drainage and surface waters do not exceed the maximum permissible concentrations of pollutants. The exceptions are total iron and ammonia nitrogen, the concentration of which exceeds the MPC of fisheries water use by 1.5 times and 5 times, respectively, which creates risks of eutrophication of natural waters.

Keywords: rain surface runoff, drainage, catena, agroecological monitoring, drainage and surface waters, concentration of pollutants.

Введение

Для гидрологических расчетов осушительных систем важно рассматривать дождевой поверхностный сток на осушаемых водосборах, размер которого для целей проектирования гидромелиоративной сети и норм осушения устанавливается для лет расчетной обеспеченности по осадкам [1–3].

В зависимости от интенсивности хозяйственного использования, степени распаханности земель и растительного покрова поверхностный сток в различной степени может оказывать влияние на общее экологическое

состояние агроландшафта, особенно в части загрязнения природных вод [4]. При этом качество поверхностного стока для этих целей может быть определено только экспериментально. Актуальность изучения количества и качества поверхностного стока возрастает в связи с изменением климата.

Цель работы – получение экспериментальных данных о количестве и качестве поверхностного дождевого стока в течение летнего периода и оценке его влияния на качество дренажных и природных вод.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в 2021–2023 гг. в Центральной Мещёре в бассейне гидромелиоративной системы (ГМС) «Вожа» с использованием ландшафтного подхода, водного баланса, натурного эксперимента и агромелиоративного мониторинга [1, 5–7].

Опытный участок с осушительным модулем и прилегающих к нему территорий представляет собой катену южной экспозиции. Для проведения мониторинга участок оборудован сетью режимных скважин для измерения грунтовых вод, гидрометрическим постом с водосливом и водобалансовыми площадками с лизиметрами конструкции Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации, почвенными испарителями ГГИ-500-50. Количество и интенсивность атмосферных осадков измерялись с помощью почвенного дождемера ГР-28 и плювиографа П-2М, а сток с локального водосбора – с помощью трапецеидального водослива с тонкой стенкой, установленного в устье дренажного модуля. Координаты водомерного поста 55.284022° с. ш. и 40.251535° в. д.

Почвенный покров локального водосбора представлен дерново-слабоподзолистыми почвами элювиальной фации (водораздел, вершины холмов и грив с глубиной залегания грунтовых вод 1,2–1,94 м от поверхности земли), дерново-слабо- и среднеподзолистыми с различной степенью оглеения почвами трансэлювиальной и трансааккумулятивной фаций (средняя часть склона с глубиной грунтовых вод 0,7–1,7 м) и дерново-подзолистыми глеевыми почвами супераквальной фации (нижние части склонов с глубиной грунтовых вод 0,6–1,1 м). Почвообразующими породами являются пески и супеси с объемной плотностью 1,45–1,60 г/см³ в песчаном слое и плотностью твердой фазы 2,55–2,61 г/см³. Водоотдача почвогрунтов составляет 0,07–0,10, наименьшая влагоемкость в корнеобитаемом слое – 23–33 % от объема и 18–25 % от объема в подстилающем слое. Почвы отличаются низким уровнем естественного плодородия и повышенной кислотностью, типичны для изучаемого региона.

Наблюдения за дождевым поверхностным стоком проводились на локальном водосборе площадью 2,315 км², осушаемом открытыми каналами, представленном на рис. 1.

Протяженность осушительной открытой сети – 2340 м, а коэффициент дренированности – 11 м/га. Отметка поверхности земли в супераквальной части водосбора составляет 115,6 м, на водоразделе изменяется от 118,5 до 121,2 м. Средний уклон поверхности равен 0,0038. Скорость продольного дебегания в этих условиях составляет 11 см/сут. Более 60 % поверхности водосбора покрыта лесом, остальная часть используется под многолетними травами и естественной травянистой растительностью.

Замеры напора на водосливе проводились два раза в сутки, расход воды определяли по формуле для трапецеидального водослива, приведенной в [8]:

$$Q = mbH\sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где m – коэффициент откоса боковой кромки;

b – длина порога водослива в плане, м;
 g – ускорение свободного падения, м²/с;
 H – напор, м.



Рис. 1. План-схема локального водосбора гидромелиоративной системы «Вожа»:
1 – осушительная сеть; 2 – скважины для измерения глубины залегания грунтовых вод;
3 – водобалансовые площадки с лизиметрами и испарителями; 4 – водомерный пост с водосливом

Результаты исследований и их обсуждение

Гидрометеорологические условия в ходе исследований характеризовались засушливостью в мае, июне и двух декадах июля 2023 г., а незначительные осадки не вызывали поверхностного стока. Атмосферные осадки в период формирования поверхностного стока в июле – августе показаны на рис. 2.

Зарегистрированный 16 мая сток относится ко времени спада весеннего половодья. В третьей декаде июля и первой декаде августа атмосферные осадки превышали климатическую норму и носили ливневый характер. Июльские дожди имели выраженное ядро высокой интенсивности, превышающей 25 мм/ч, когда выпадало 70–80 % от общего количества осадков. Результаты измерения напора на во-

досливе и расчета расхода поверхностного стока в эти периоды приведены на рис. 3 и в табл. 1.

Июльские ливневые дожди отмечались с 25 июля (55 мм) по 29 июля. Максимальная интенсивность дождя 25 июля достигала 1 мм/мин. Максимальный же расход воды в размере 3,42 л/с наблюдался на 4-й день (28 июля) после выпадения осадков с общим количеством 89 мм за третью декаду июля, что превысило месячную норму на 15 %. Максимальный модуль поверхностного стока составил 0,0148 л/с·га. В первой декаде августа ливневые дожди продолжились с меньшей интенсивностью и расход поверхностного стока пошел на убыль, прекратившись к 11 августа.

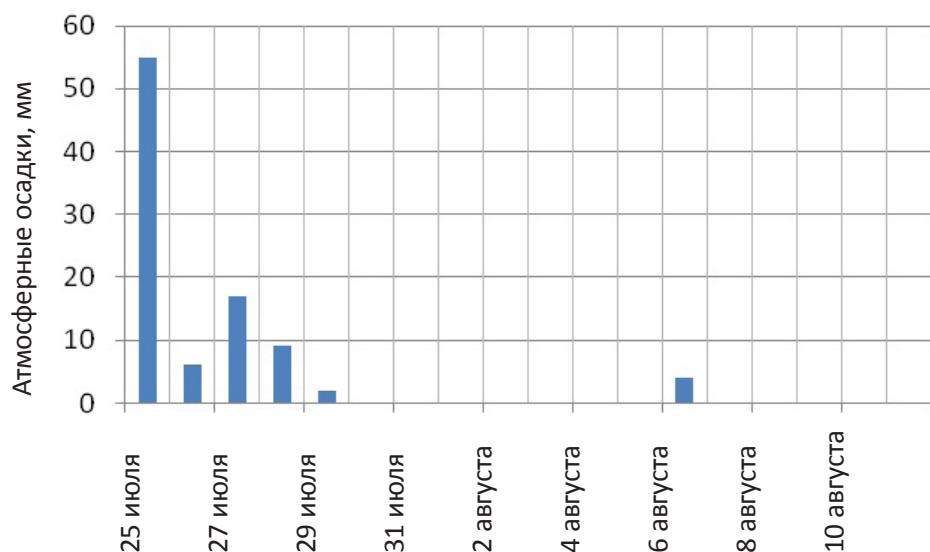


Рис. 2. Атмосферные осадки в период формирования поверхностного стока

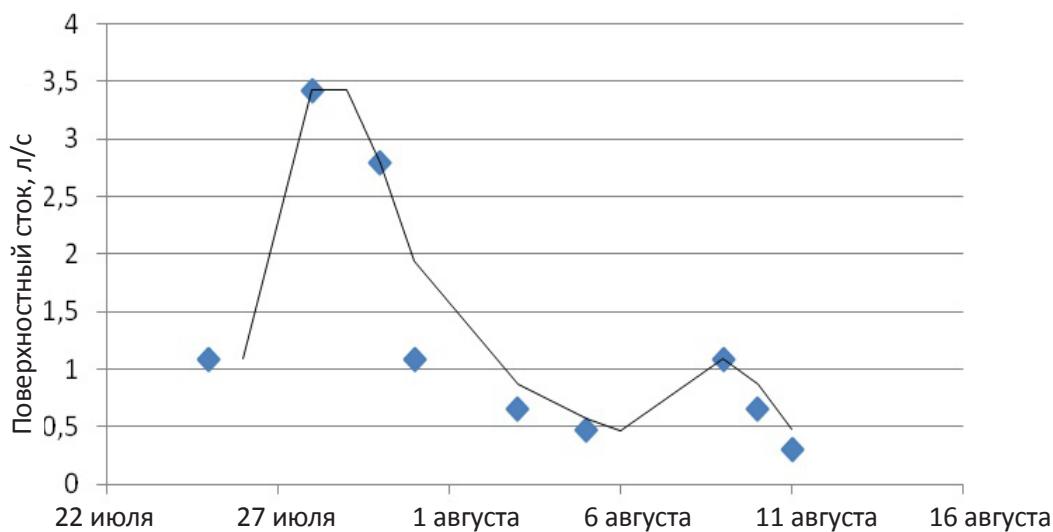


Рис. 3. Гидрограф поверхностного дождевого стока с агроландшафта

Таблица 1. Расходы и модули поверхностного стока с локального водосбора

Дата измерения	Напор $H, \text{м}$	Расход $Q, \text{л/с}$	Модуль стока, $10^{-3} \text{ л/с} \cdot \text{га}$
16.05	0,008	1,33	5,75
25.07	0,007	1,09	4,71
28.07	0,015	3,42	14,80
30.07	0,013	2,79	11,90
31.07	0,007	1,09	4,71
3.08	0,005	0,66	2,85
5.08	0,004	0,47	2,03
9.08	0,007	1,09	4,71
10.08	0,005	0,66	2,85
11.08	0,003	0,30	1,34

Таблица 2. Химический состав дренажных и поверхностных вод

Показатели	ГМС «Вожа»		Поверхностный дождевой сток	ПДК _{хпв} , мг/л	ПДК _{рыб} , мг/л
	исток	устье			
pH, ед.	6,40	6,80	6,20	6,5–8,5	6,5–8,5
Жесткость, мг-экв/л	3,96	2,48	2,48	7,0	1,5–7,0
Гидрокарбонаты, мг/л	45,75	45,75	61	–	200
Кальций, мг/л	0,99	0,99	1,73	–	120
Магний, мг/л	36,23	18,80	3,15	40	30
Сульфаты, мг/л	25	25	25	500	1000
Хлориды, мг/л	8,22	8,22	8,22	350	80
Железо общ., мг/л	3,0	1,50	3,0	0,5	2,0
NH ₄ , мг/л	3,0	1,50	1,50	3,9	0,3
Фосфор, мг/л	н/о	н/о	след	–	2,0
Нитраты, мг/л	0	0	0	10	3,0
Нитриты, мг/л	0,03	0,01	0,01	3,0	0,3
Растворенный кислород, мг/л	–	6,90	3,60	4	2
Сухой остаток, мг/л	140	140	220	–	–

В результате гидрохимических исследований было установлено (табл. 2), что большинство показателей не превышает предельно допустимой концентрации как для хозяйствственно-питьевого водопользования (ПДК_{хпв}), так и для рыбохозяйственного водопользования (ПДК_{рыб}). Исключение составляют железо общее, концентрация которого превышает ПДК_{рыб} в 1,5 раза, и аммиачный азот с превышением ПДК_{рыб} в 5 раз. При этом концентрация иона NH₄ не выше этого же показателя в дренажных водах ГМС «Вожа». Это же относится и к магнию. В водах поверхностного стока отмечается в 1,6 раза больше взвешенных веществ, чем в дренажных водах.

Обсуждаемые данные получены в условиях лугопастбищного использования агроландшафта, прилегающего к ГМС, под лесом, многолетними травами и естественной травянистой растительностью.

С одной стороны, это говорит о том, что в данных и аналогичных условиях воздействие поверхностного стока на окружающую природную среду незначительно превышает экологическую норму. С другой стороны, можно ожидать усиления такого воздействия при более интенсивном сельскохозяйственном использовании мелиорируемых водосборов при их распашке.

Заключение

В Центральной Мещёре на опытном участке – катене в зоне влияния мелиоративной системы «Вожа» – проведены натурные исследования с использованием ландшафтного подхода, водного баланса и агромелиоративного мониторинга поверхностного дождевого стока летнего периода года и оценке его влияния на качество дренажных и природных вод.

Экспериментально установлено, что при выпадении 25 июля 2023 г. 55 мм атмосферных осадков с максимальной интенсивностью более 1 мм/мин сток на водосливе был зарегистрирован через 3 часа с расходом 1,09 л/с. Максимальный же модуль дождевого поверхностного стока в размере 0,0148 л/с · га наблюдался на 4-й день после выпадения атмосферных осадков с общим количеством за

третью декаду июля 89 мм, что превысило месячную норму на 15 %.

Результаты гидрохимических исследований показали, что качество вод поверхностного стока по основным показателям сопоставимо с качеством дренажных вод и отличается от последних только более высоким (в 1,6 раза) сухим остатком. Большинство показателей поверхностного стока не превышает ПДК как для хозяйствственно-питьевого, так и для рыбохозяйственного водопользования. Исключение составляют железо общее и аммиачный азот, концентрация которых в 1,5 и в 5 раз соответственно превысила ПДК рыбохозяйственного водопользования, при этом концентрация иона NH_4 не выше этого же показателя в дренажных водах ГМС «Вожа».

Библиографический список

1. Митин, В. Ф. Методика расчета водного режима почвы и дренажного стока / В. Ф. Митин // Мелиорация и вод. хоз-во. – 1996. – № 2. – С. 15–16.
2. Мелиорация и водное хозяйство : справочник в 3 т. / под ред. Б. С. Маслова. – Москва : Агропромиздат, 1985. – Т. 3. Осушение. – 447 с.
3. Пыленок, П. И. Гидрология дренажа. Научно-технологическое обоснование осушительно-увлажнительных систем : монография / П. И. Пыленок. – Москва : МФЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2024. – 172 с.
4. Агрэкология / В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев [и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – Москва : Колос, 2000. – 536 с.
5. Голованов, А. И. Методология мелиорации / А. И. Голованов // Природообустройство. – 2009. – № 4. – С. 5–16.
6. Маслов, Б. С. Гидрология торфяных болот / Б. С. Маслов. – Москва : Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. – 448 с.
8. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев, А. Д. Альтшуль, Н. В. Данильченко [и др.] ; под ред. П. Г. Киселева. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1972. – 312 с.

Поступила 18 сентября 2025 г.