

УДК 556.166

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА МАЛЫХ РЕКАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

А.А. Волчек*, Т.А. Шелест**

*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

**Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

В работе рассматривается построение региональных математических моделей определения максимальных модулей стока дождевых паводков 10%-ной обеспеченности малых рек Белорусского Полесья с использованием основных гидрографических характеристик водосборов. Модели могут использоваться для определения максимальных расходов воды паводков при отсутствии или недостаточности данных гидрологических наблюдений на реках.

Введение

Значительная часть сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья имеет неблагоприятный водно-воздушный режим, что существенно снижает их потенциальную урожайность. Кроме того, частые дождевые паводки в вегетационный период усложняют получение планируемых урожаев. Это определяет необходимость регулирования водно-воздушного режима этих земель с помощью мелиоративных систем. Климат территории характеризуется тем, что среднегодовое количество осадков превышает величину испарения, что приводит к избыточному увлажнению земель, хотя в течение вегетационного периода бывают и засушливые периоды. Климат формирует соответствующий гидрологический режим рек. Одной из актуальных проблем использования сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья является защита их от затопления и подтопления частыми летне-осенними паводками, возникающими в период роста и уборки основных сельскохозяйственных культур, в результате чего наносится значительный экономический ущерб. Это особенно ощутимо в вегетационный период. Наиболее катастрофично паводки проявляются в пойме р. Припять, чему способствуют физико-географические особенности строения данной территории (равнинность, небольшие уклоны, близкое залегание грунтовых вод), вследствие чего даже сравнительно небольшие дождевые паводки вызывают затопления значительных территорий. В связи с усилением хозяйственного использования пойменных территорий наблюдается тенденция значительного роста ущербов от наводнений. Поэтому одной из главных задач при эксплуатации мелиорированных земель явля-

ется защита их от затопления и подтопления. Высокое плодородие мелиорированных земель, наряду со своевременным и полным удовлетворением потребностей растений в элементах питания, обеспечивается созданием в корнеобитаемом слое почвы благоприятного водно-воздушного режима в период вегетации растений. При проектировании мелиоративной сети обеспеченность и условия пропуска расчетных расходов принимаются в зависимости от сельскохозяйственного использования мелиорируемых земель. Так, согласно нормативным документам, для полевых севооборотов и пастбищ расчетные расходы весеннего половодья и дождевых паводков рассчитываются на 10%-ную обеспеченность. При этом условия пропуска расчетных расходов для весеннего половодья – в бровках, для дождевых паводков – на 0,2–0,3 м ниже бровок [1].

Допустимая продолжительность затопления поверхности и подтопления корнеобитаемого слоя мелиорируемых земель в вегетационный период дождевыми водами с собственного водосбора принимается в соответствии с таблицей 1.

При проектировании и эксплуатации мелиоративных систем необходим расчет максимальных расходов воды. Наиболее достоверно максимальный расход воды определяется по имеющемуся ряду эмпирических значений стока с использованием методов вероятностно-статистического анализа. Однако зачастую приходится сталкиваться либо с короткими рядами наблюдений, продолжительность которых не обеспечивает получения результата с требуемой точностью, либо с отсутствием гидрологических наблюдений на реках. Основные трудности в расчетах максимального дождевого стока заклю-

Таблица 1 – Допустимая продолжительность затопления мелиорируемых земель в вегетационный период дождевыми паводками

Наименование культур	Сроки отвода избыточных вод, сут.			
	С поверхности земли	На глубину		
		до 0,2 м	до 0,5 м	до нормы осушения
1. Полевые севообороты с озимыми	0,5	1	4	9
2. Полевые (без озимых), кормовые, овощные севообороты	0,8	2	5	10
3. Пастбища	1	2	5	10
4. Сенокосы	1,5	3	8	15

чены в недостаточности наблюдений на малых водосборах, что ограничивает возможности расчетных методов, опирающихся на географические закономерности гидрологических процессов и использующих соответствующий арсенал технических приемов.

Теоретические формулы для определения максимальных расходов воды дождевых паводков при отсутствии материалов гидрометрических наблюдений многочисленны и разнообразны как по теоретическим принципам, положенным в их основу, так и по характеру используемых данных. При этом требуется достаточно подробная характеристика водосбора и без специальных изысканий не обойтись. В то же время в ряде случаев (оценочные расчеты, предпроектная проработка вариантов и т.п.) не требуется большая точность. Кроме того, существующие нормативы по определению максимальных расходов воды дождевых паводков (особенно с малых водосборов) при отсутствии наблюдений не всегда обеспечивают точность их определения и часто размеры водосборных и водопроводящих сооружений, мощность насосных станций польдерных систем назначается с большим запасом, что приводит к снижению их экономической целесообразности.

Для того чтобы избежать грубых просчетов и ошибок в указанном отношении, необходимо изучить и правильно оценить гидрологическую роль каждого из важнейших физико-географических факторов, а также влияние хозяйственных мероприятий на сток рек и режим водных объектов. Объективное понимание значения и роли указанных факторов позволит обоснованно пользоваться ими в различных расчетных построениях.

Целью настоящего исследования является построение региональных математических моделей определения максимальных модулей стока дождевых паводков 10%-ной обеспеченности в зависимости от гидрографических характеристик водосборов рек.

Методика и объекты исследования

Исходными данными для исследования послужили многолетние ряды наблюдений за максимальными расходами воды дождевых паводков за период от начала инструментальных наблюдений до 2010 г. Объектом исследования явились реки бассейна Припяти в пределах Беларуси.

Подробно методика построения региональных зависимостей модулей стока дождевых паводков от гидрографических факторов изложена в [2].

Для построения региональных зависимостей модулей 10%-ного максимального расхода дождевого паводка были выбраны 18 пунктов наблюдений за максимальными расходами воды с наиболее продолжительными рядами наблюдений. Все пункты территориально принадлежали бассейну р. Припять. На предварительном этапе проведена оценка однородности и стационарности исходных временных рядов наблюдений за дождевыми паводками с целью выявления наличия неоднородности и нестационарности. Оценка однородности рядов гидрологических наблюдений осуществлялась на основе генетического и статистического анализов исходных данных наблюдений. Анализ результатов оценки однородности и стационарности эмпирических функций распределения

расходов воды дождевых паводков показал, что они не имеют статистически значимых резко отклоняющихся от общей совокупности предельных максимумов.

Определение расчетных гидрологических характеристик осуществлялось путем применения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения – кривых обеспеченностей [3]. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения использовались аналитические кривые трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля. В результате получены максимальные расходы воды дождевых паводков 10%-ной обеспеченности, которые были представлены в виде модулей стока и использовались для построения моделей.

Методика построения региональных зависимостей максимальных модулей стока дождевых паводков от гидрографических факторов основывалась на методе множественной линейной регрессии, который позволяет оценить совместное влияние комплекса факторов и каждого в отдельности на паводочный сток рек. При этом рассматривались следующие факторы: A – площадь водосбора, км²; H_{cp} – средняя высота водосбора, м; L – длина реки от истока до пункта наблюдений, км; γA – густота речной сети, км/км²; J_p – средний уклон реки, ‰; $A_{зб}$ – заболоченность водосбора, %; $A_{оз}$ – озерность водосбора, %; $A_{лес}$ – лесистость водосбора, %. Помимо гидрографических факторов, рассматривались и географические координаты центров тяжести водосборов: φ – широта, км; λ – долгота, км.

Результаты и их обсуждение

В результате проведения корреляционного анализа определены статистически значимые факторы, определяющие величину модулей стока дождевых паводков 10 %-ной обеспеченности рек бассейна Припяти. Анализ показал, что статистически значимыми являются средний уклон реки, площадь водосбора, расстояние от истока до пункта наблюдений и озерность водосбора.

Средняя величина максимальных модулей стока дождевых паводков 10%-ной обеспеченности в бассейне р. Припяти колеблется в пределах 16-18 л/(с·км²). На правобережных притоках она достигает 30 и более л/(с·км²).

В результате проведения регрессионного анализа получены математические модели, позволяющие определять максимальные модули стока дождевых паводков 10 %-ной обеспеченности с помощью гидрографических характеристик водосборов для рек бассейна Припяти:

$$M_{P=10\%} = 25,3 \cdot J_p - 0,06 \cdot L - 12,5 \cdot \varphi + 673, \text{ л/(с·км}^2\text{)}, \quad (1)$$

Коэффициент корреляции в уравнении $R = 0,95 \pm 0,02$, критерий Фишера $F = 40,3$. Статистические критерии данного уравнения $R > R_{кр} = 0,47$, $F > F_{кр} = 2,24$ значительно превышают пороговые значения и свидетельствуют о достоверности полученной модели. Статистическая значимость коэффициентов уравнений определялась на уровне их погрешности 2σ , что соответствует примерно 95%-ному уровню доверительной вероятности. Логарифмическое преобразование факторов позволило получить следующую модель:

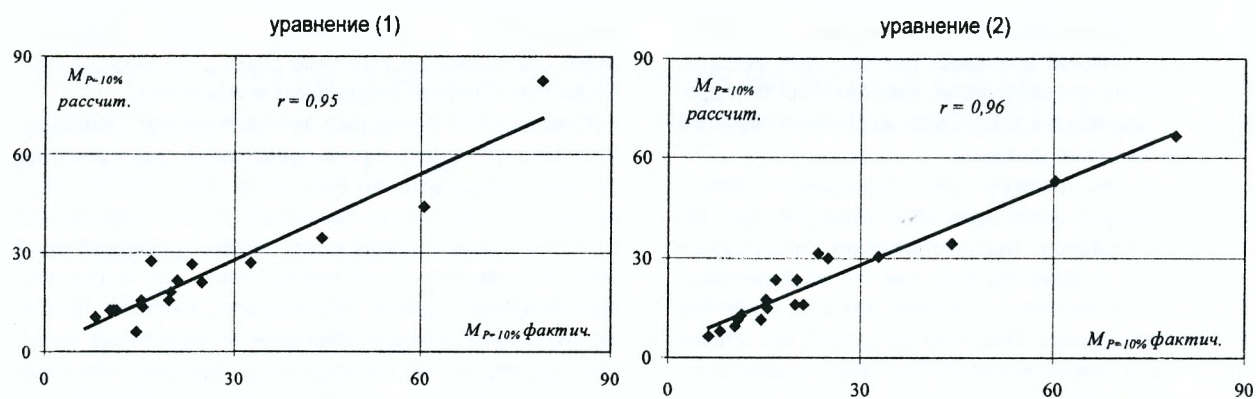


Рисунок 1 – Графики рассчитанных по уравнениям и фактических величин модулей стока дождевых паводков

$$M_{P=10\%} = \frac{132 \cdot J_P^{0,36} \cdot (A_{лес} + 1)^{0,38}}{L^{0,52} \cdot (\varphi - 50)^{0,67}}, \text{ л/(с км}^2\text{)}, \quad (2)$$

где $R = 0,96 \pm 0,02$, критерий Фишера $F = 31,3$.

Оценка эффективности полученных уравнений осуществляется на основе всестороннего анализа остатков. Остатки определялись как разности между фактическими (наблюденными) и рассчитанными значениями.

На рисунке 1 представлены сравнительные графики рассчитанных по уравнениям $M_{P=10\% \text{ расчит.}}$ и фактических $M_{P=10\% \text{ фактич.}}$ величин модулей стока дождевых паводков 10%-ной обеспеченности рек бассейна Припяти.

Проверка уравнений путем сопоставления рассчитанных по формулам и фактических значений показала их высокую эффективность.

Выводы

Для снижения ущерба от наводнений необходимо рационально использовать паводкоопасные территории. Для этого в поймах рек следует осуществлять такие виды хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен минимальный ущерб. При хозяйственном освоении паводкоопасных территорий в долинах рек следует проводить детальные технико-экологические исследования с целью выявления путей получения максимально возможного экономического эффекта от освоения этих территорий и, вместе с тем, сведение к минимуму возможного ущерба от наводнений. Так, участки поймы, затопливаемые чаще, чем один раз в пять лет, можно использовать только под многолетние травы,

а это, в свою очередь, определяет соответствующую специализацию животноводческой отрасли. Полученные региональные математические модели позволяют определять максимальные модули стока дождевых паводков 10%-ной обеспеченности на реках бассейна Припяти с использованием гидрографических факторов, не требуя специальных дорогостоящих изысканий. Построенные модели являются достаточно эффективными и могут использоваться для определения максимальных расходов воды при отсутствии гидрологических наблюдений на реках с приемлемой для практических расчетов точностью. Для повышения надежности результатов рекомендуется использовать обе модели. При получении близких результатов конечный модуль принимать как средний. При значительных расхождениях требуется дополнительный анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ-82). – Ч. 2. Сушительные и сушительно-увлажнительные системы. – Книга 1. – Сушительные системы самотечные. – Мн., 1985. – 372 с.
2. Лобанов, В. А. Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидрографических факторов / В. А. Лобанов, В. Н. Никитин // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 11. – С. 60–69.
3. Пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик». – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000. – 174 с.

ON THE EVALUATION OF RAINFALL FLOODS ON THE SMALL RIVERS OF THE BELARUS POLESYE AT DESIGNING AND OPERATION OF MELIORATIVE SYSTEMS

A.A. Volchek, T.A. Shelest

Regional models of calculation of modules of the maximum discharges of water of rainfall floods with use of hydrographic characteristics of reservoirs of the rivers are constructed. The received models allow to define the maximum discharges of water of rainfall floods with sufficient accuracy for practical calculations in a case if the supervision is absence.