

УДК 556.166(476)

**В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек****ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СТОКА  
ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ<sup>1</sup>**

*Для территории Беларуси построены регрессионные региональные модели расчета максимальных модулей стока воды весеннего половодья 1%-ной обеспеченности с использованием гидрографических характеристик водосборов рек.*

Проблема определения гидрологических характеристик при отсутствии или недостаточности данных наблюдений остается в гидрологии одной из главных. Это имеет место не только в Беларуси, где на более чем 20 тыс. рек и ручьев приходится только 123 гидрологических поста, но и для других стран и территорий [2, 5]. В то же время при решении многих научных и практических задач, в частности при проектировании и эксплуатации мелиоративных систем, автомобильных и железных дорог, нефте- и газопроводов, оценке водных ресурсов и изменений гидрологического режима и т.д. необходима информация об основных гидрологических характеристиках. Причем в большинстве случаев приходится иметь дело с отсутствием данных наблюдений и в редких случаях есть пункты наблюдений выше и ниже по течению между исследуемыми пунктами, когда гидрологические данные можно интерполировать. Поэтому, при отсутствии данных наблюдений, как правило, используются региональные модели и коэффициенты для определения гидрологических характеристик. Ситуация осложняется еще и тем, что в республике до настоящего времени не разработан СНиП по определению основных гидрологических расчетов и до сих пор пользуются СНиПом 1983 г. [3], хотя в России он уже отменен. Изданное в Беларуси Пособие к СНиП [4], также утратило свою юридическую силу, что крайне затрудняет работу проектных организаций. Кроме того, с момента выхода в свет перечисленных нормативных документов прошло достаточно много времени, накопился большой объем гидрологической информации, усилились антропогенные воздействия, что требует обобщения, усовершенствования существующих и разработки новых, достаточно простых и эффективных региональных зависимостей.

Цель настоящего исследования – разработка региональных моделей определения максимальных модулей стока воды в зависимости от гидрографических факторов.

В основу исследования положены материалы наблюдений за максимальными расходами воды весеннего половодья Гидрометеорологического центра Республики Беларусь по 146 гидростворам с наиболее продолжительными

рядами наблюдений и площадями водосборов до 5 тыс. км<sup>2</sup>.

В связи с тем что в рядах наблюдений имеются пропуски, они восстановлены с помощью программного комплекса «Гидролог». По приведенным к многолетнему периоду рядам наблюдений определялись параметры и расходы воды 1 и 5 %-ной обеспеченности с использованием трехпараметрического гамма-распределения [1].

В настоящее время для определения гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений для неизученных рек используются методы водного баланса, гидрологической аналогии, осреднения в однородном районе, построение карт изолиний, построение региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов и построение погодичных зависимостей между стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами [2].

К сожалению, использовать формулу для определения максимальных расходов воды весеннего половодья, рекомендованную Пособием [2], затруднительно, так как информация о слоях стока весеннего половодья после 1980 г. отсутствует, а самостоятельное определение слоев стока по среднесуточным расходам достаточно субъективно в связи с тем, что дата окончания половодья является формализованной величиной. В качестве предполагаемых гидрографических факторов выбраны следующие:  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $H$  – средняя высота водосбора, м;  $L$  – длина реки от истока до замыкающего створа, км;  $I_p$  – средний уклон реки, ‰;  $I_b$  – средний уклон водосбора, ‰;  $\rho$  – густота речной сети, км/км<sup>2</sup>;  $A_{оз}$  – озерность, ‰;  $A_{бол}$  – заболоченные территории, ‰;  $A_{лес.заб.}$  – площадь заболоченного леса, ‰;  $A_{лес.сух.}$  – сухой лес, ‰. Для оценки влияния зависимости кроме гидрографических характеристик использовались и географические координаты центров тяжести водосборов относительно г. Минска:  $\varphi$  – широта, км;  $\lambda$  – долгота, км.

Для построения моделей применялись данные по 96 водосборам, а данные по 50 водосборам использовались для тестирования полученных моделей. Методика построения регио-

<sup>1</sup>Работа выполнена при поддержке грантов БРФФИ № X06M-013 и БРФФИ- Брест 2006.

нальных зависимостей (между функцией  $Y$  и аргументами  $X_1, X_2, \dots$ ), используемая в настоящем исследовании, основана на методе множественной линейной регрессии и уравнении вида:

$$Y = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i \cdot X_i. \quad (1)$$

При этом рассматривались три вида структуры уравнения [1]:

- структура, соответствующая известной в гидрологии редуцированной формуле, основанной на логарифмическом преобразовании как функции, так и аргументов;
- аддитивная структура уравнения в виде суммы аргументов с соответствующими коэффициентами;
- мультипликативная структура, в которую помимо отдельных слагаемых включались парные произведения факторов, учитывающие совместные эффекты.

Помимо прямолинейной зависимости рассматривались некоторые простые линеаризуемые преобразования факторов: логарифмическое, экспоненциальное и степенное. Выбор функционального преобразования фактора осуществлялся, если коэффициент парной корреляции при этом преобразовании статистически значимо отличался от коэффициента парной корреляции прямолинейной зависимости. Статистическая значимость определялась с помощью неравенства:

$$|R_{спл}| \geq |R_{л}| + \sigma_R, \quad (2)$$

где  $R_{спл}$  – коэффициенты парной корреляции при рассматриваемом функциональном преобразовании фактора и прямолинейной зависимости;

**Таблица 1. Корреляционная матрица максимальных модулей стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности и гидрографических факторов**

Факторы	Факторы										
	<b>A</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	$I_p$	$\rho$	$A_{оз}$	$A_{бол}$	$A_{лесзб}$	$A_{лес\ сух.}$	$\lambda$	$\varphi$
<b><math>M_{1\%}</math></b>	-0,17	<b>0,25</b>	<b>-0,24</b>	0,19	0,14	<b>-0,20</b>	<b>-0,27</b>	<b>-0,26</b>	0,07	0,05	0,19

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции на 5 %-ном уровне значимости.

Анализ корреляционной матрицы зависимости максимальных модулей стока весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности от определяющих гидрологических факторов (табл. 1) показывает, что статистически значимыми являются средняя высота водосбора, расстояние от истока, заболоченность территории, площадь заболоченного леса. При этом абсолютные значения коэффициента корреляции не превышают 0,3. Это вызвано различными условиями формирования максимального стока на реках Беларуси.

Помимо стандартных показателей дополнительно были введены суммарные факторы: площадь водосбора под лесом (сухой лес + заболоченный лес) и заболоченность водосбора (болота и заболоченный лес), а также факторы

$\sigma_R$  – стандартная погрешность коэффициента корреляции прямолинейной зависимости.

Для оценки эффективности построенных моделей использовались характеристики остатков, представляющих собой разности между фактическими и расчетными значениями, полученными как на зависимой, так и на независимой выборке. В качестве основных обобщенных характеристик остатков рассматривались их средние значения  $\epsilon_{ср}$  и стандартное отклонение  $\sigma_\epsilon$ . При использовании метода наименьших квадратов средний остаток, определенный на зависимой выборке, всегда равен нулю, вместе с тем при оценке на независимой выборке отклонение среднего остатка от нуля будет характеризовать систематическую погрешность. Кроме того, считая, что коэффициент детерминации  $R^2$  характеризует долю объясненной неопределенности, его отклонение от 1, выраженное в процентах, будет характеризовать стандартную погрешность ( $\Delta$ , %), которая определяется следующим образом [1]:

$$\Delta = 1 - R^2 = \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_y^2} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $\sigma_y^2$  – дисперсия исходного ряда.

На предварительном этапе исследования выполнен анализ корреляционной матрицы максимальных модулей стока весеннего половодья 1 % и 5 %-ной обеспеченности и гидрографических факторов (табл. 1), а также линеаризуемых преобразований факторов и парных произведений факторов, что позволило уже на этом этапе исключить из рассмотрения второстепенные факторы.

совместного воздействия, причем влияние одного из них изменяется в зависимости от влияния другого. Так, произведение  $I_p \cdot H$  характеризует влияние уклона реки на увеличение максимального модуля стока в зависимости от высоты водосбора, т.е. чем больше высота, и уклон водосбора, тем больше влияние на увеличение модуля. Интерпретация произведения  $I \cdot A_{лес}$  состоит в том, что лесистость уменьшает модуль максимального стока, но это уменьшение зависит и от уклона реки.

Дальнейшая линеаризация зависимостей путем представления их в виде десятичного логарифма позволила повысить значимость вышесотмеченных факторов и включить площадь водосбора, средний уклон реки, заозеренность, а так-

же произведения  $I_p \cdot H$ ,  $A \cdot A_{лес}$  и  $I \cdot A_{лес}$ . При этом коэффициент корреляции модуля стока с суммарной заболоченности был наибольшим и составил  $r = -0,46$ .

На основе критерия (2) установлено, что статистически значимое преобразование путем представления факторов в виде десятичного логарифма имеет место для площади водосбора ( $\lg(A+1)$ ), среднего уклона реки ( $\lg I$ ), длины реки ( $\lg L$ ), заозеренности ( $\lg(A_{бол}+1)$ ), суммарной заболоченности ( $\lg(A_{сум.бол}+1)$ ), произведения уклона реки на среднюю высоту водосбора ( $\lg I_p \cdot H$ ), произведения уклона реки на процент площади водосбора, занятой под лесом ( $\lg I \cdot A_{лес}$ ), произведе-

дения площади водосбора и процента водосбора, занятого лесом ( $\lg A \cdot A_{лес}$ ).

Дальнейшее повышение корреляционных связей было достигнуто путем линеаризируемого преобразования модуля стока, т. е.  $\lg M_{1\%}$ , что позволило увеличить значимость коэффициентов корреляции.

В результате регрессионного анализа получен ряд статистически значимых моделей для определения максимальных модулей стока весеннего половодья 1%-ной обеспеченности в зависимости от различных сочетаний определяющих факторов для Беларуси в целом:

$$M_{1\%} = \frac{1892}{(A+1)^{0,201} \cdot (A_{лес}+1)^{0,117}}, (R = 0,45); \quad (4)$$

$$M_{1\%} = 853 - 157,76 \cdot \lg L - 299,25 \cdot \lg(A_{сум.бол} + 1), (R = 0,55); \quad (5)$$

$$M_{1\%} = \frac{1841}{(A_{сум.бол} + 1)^{0,441} \cdot (A \cdot A_{лес} + 1)^{0,117}}, (R = 0,63); \quad (6)$$

$$M_{1\%} = 45,13 \cdot (I_p \cdot H)^{0,332} \cdot 10^{0,005} \cdot (\varphi - 12 \cdot A_{сум.бол}), (R = 0,66); \quad (7)$$

$$M_{1\%} = \frac{58,18 \cdot (\varphi + 400)^{0,479} \cdot (I_p \cdot A_{лес} + 1)^{0,293}}{(A_{оз} + 1)^{0,220} \cdot (A_{сух.лес} + 1)^{0,560} \cdot (A_{сум.бол} + 1)^{0,250}}, (R = 0,71) \quad (8)$$

где  $M_{1\%}$  – модуль максимального стока воды весеннего половодья 1%-ной обеспеченности, л/с·км<sup>2</sup>;  $A$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $A_{лес}$  – доля водосбора, занятая лесом, %;  $L$  – длина реки, км;  $A_{сум.бол}$  – доля водосбора, занятая болотами и заболоченными лесами, %;  $I$  – средний уклон реки, ‰;  $H$  – средняя высота водосбора, м;  $\varphi$  – широта центра тяжести водосбора для расчетного створа в прямоугольной системе координат с началом координат в г. Минске, км;  $A_{оз}$  – доля водосбора, занятая под сухим лесом, %.

Проверка модели на независимом материале показала, что для модели (6) в диапазоне  $\pm 10\%$  попало 9% всех точек;  $\pm 20\%$  – 27%,  $\pm 50\%$  – 71%; для модели (7) эти показатели соответственно равны 11%, 31%, 69%, а для модели (8) – 17%, 31%, 72%.

Анализ полученных региональных зависимостей (4)–(8) продемонстрировал, что наиболее эффективными являются факторы, включающие совместные эффекты (произведения) гидрографических факторов. Модели (7) и (8) имеют приемлемые коэффициенты множественной корреляции для класса региональных зависимостей максимального стока, исходя из критерия оптимальности между наибольшим значением множественной корреляции и наименьшим числом коэффициентов регрессии предпочтение следует отдать модели (7). Таким образом, используя такие простые региональные зависимости мак-

симального стока от гидрографических характеристик реки и водосбора можно получить приемлемые для практики результаты без применения каких-либо других гидрометеорологических параметров.

В связи с разнородностью условий формирования максимальных модулей стока весеннего половодья на территории Беларуси нами выполнен анализ степени влияния тех или иных факторов в пределах отдельных крупных речных бассейнов: Западная Двина, Днепр, Припять и Неман.

Рассмотрим влияние гидрографических характеристик на формирование максимальных модулей стока весеннего половодья 1%-ной обеспеченности на основных водосборах Беларуси (табл. 2).

Как показал анализ корреляционной матрицы с учетом критерия (2), площадь водосбора, представленная в виде десятичного логарифма  $\lg A$  имеет статистически значимые отрицательные коэффициенты корреляции стока рек Беларуси в целом, а также для рек водосборов Припяти, Днепра, Западной Двины. Для рек водосбора Немана эта связь статистически незначима в целом для бассейна, хотя для отдельных территорий бассейна имеют место значимые коэффициенты корреляции. Связь максимального стока со средней высотой водосбора отмечается на всей территории, кроме бассейна Днепра.

Таблица 2. Корреляционная матрица

Гидрографическая характеристика	Преобразование	Бассейн реки									
		Беларусь		Западная Двина		Днепр		Припять		Неман	
		$M_{1\%}$	$IgM_{1\%}$	$M_{1\%}$	$IgM_{1\%}$	$M_{1\%}$	$IgM_{1\%}$	$M_{1\%}$	$IgM_{1\%}$	$M_{1\%}$	$IgM_{1\%}$
Площадь водосбора	$A$	-0,168	<b>-0,241</b>	-0,330	-0,472	-0,212	-0,243	-0,301	-0,237	-0,050	-0,247
	$IgA$	<b>-0,360</b>	<b>-0,366</b>	-0,306	-0,457	<b>-0,454</b>	-0,212	<b>-0,415</b>	-0,316	-0,082	-0,230
Средняя высота водосбора	$H$	<b>0,248</b>	<b>0,438</b>	<b>0,521</b>	<b>0,483</b>	0,052	0,202	<b>0,781</b>	<b>0,620</b>	0,324	<b>0,427</b>
	$IgH$	<b>0,254</b>	<b>0,445</b>	<b>0,509</b>	0,473	0,069	0,232	<b>0,760</b>	<b>0,618</b>	0,323	<b>0,421</b>
Длина реки	$L$	<b>-0,236</b>	<b>-0,293</b>	-0,393	-0,343	-0,289	-0,294	-0,265	-0,194	-0,317	<b>-0,543</b>
	$IgL$	<b>-0,403</b>	<b>-0,350</b>	-0,332	-0,308	<b>-0,515</b>	<b>-0,515</b>	-0,201	-0,095	-0,261	<b>-0,399</b>
Уклон реки	$I_p$	0,191	<b>0,290</b>	<b>0,689</b>	<b>0,649</b>	0,098	0,217	<b>0,780</b>	<b>0,652</b>	0,351	<b>0,480</b>
	$IgI_p$	<b>0,347</b>	<b>0,552</b>	<b>0,645</b>	<b>0,597</b>	0,253	0,492	<b>0,690</b>	<b>0,608</b>	0,378	<b>0,535</b>
Густота речной сети	$\rho$	0,143	0,181	0,329	0,290	0,110	0,101	0,052	0,055	<b>0,496</b>	<b>0,437</b>
	$Ig\rho$	0,141	0,153	0,306	0,277	0,148	0,087	0,042	0,042	<b>0,497</b>	<b>0,451</b>
Заозеренность	$A_{оз}$	-0,199	<b>-0,280</b>	<b>-0,489</b>	<b>-0,556</b>	-0,174	-0,260	0,057	0,019	-0,249	-0,191
	$IgA_{оз}$	<b>-0,238</b>	<b>-0,297</b>	<b>-0,503</b>	<b>-0,559</b>	-0,174	-0,260	0,057	0,019	-0,266	-0,214
Заболоченность территории	$A_{бол}$	<b>-0,267</b>	<b>-0,340</b>	0,008	-0,010	<b>-0,366</b>	-0,351	-0,371	-0,391	-0,307	<b>-0,435</b>
	$IgA_{бол}$	<b>-0,392</b>	<b>-0,382</b>	-0,086	-0,116	<b>-0,555</b>	<b>-0,514</b>	<b>-0,568</b>	<b>-0,486</b>	-0,328	<b>-0,462</b>
Площадь заболоченного леса	$A_{лесзаб}$	<b>-0,264</b>	<b>-0,405</b>	-0,099	-0,090	-0,169	<b>-0,409</b>	-0,386	-0,303	0,119	-0,033
	$IgA_{лесзаб}$	<b>-0,272</b>	<b>-0,448</b>	-0,266	-0,220	-0,091	-0,322	<b>-0,488</b>	<b>-0,395</b>	0,121	-0,041
Сухой лес	$A_{лес сух}$	0,067	-0,117	-0,280	-0,219	0,191	-0,025	-0,374	-0,356	0,297	0,244
	$IgA_{лес сух}$	0,037	-0,142	-0,303	-0,237	0,147	-0,032	<b>-0,469</b>	<b>-0,464</b>	0,283	0,216
Суммарная заболоченность	$A_{сум.бол}$	<b>-0,377</b>	<b>-0,537</b>	-0,092	-0,087	-0,337	<b>-0,549</b>	<b>-0,634</b>	<b>-0,585</b>	-0,146	-0,329
	$IgA_{сум.бол}$	<b>-0,461</b>	<b>-0,590</b>	-0,182	-0,162	<b>-0,403</b>	<b>-0,578</b>	<b>-0,774</b>	<b>-0,605</b>	-0,181	-0,338
Общая залесенность	$A_{лес}$	-0,099	<b>-0,308</b>	-0,202	-0,167	0,073	-0,227	<b>-0,453</b>	<b>-0,401</b>	0,288	0,187
	$IgA_{лес}$	-0,084	<b>-0,288</b>	-0,268	-0,213	0,080	-0,152	<b>-0,558</b>	<b>-0,510</b>	0,268	0,169
Широта	$\phi$	0,195	<b>0,294</b>	0,062	0,104	-0,102	0,075	0,136	0,184	<b>0,499</b>	<b>0,456</b>
	$Ig\phi$	0,204	<b>0,299</b>	0,057	0,106	-0,092	0,084	0,194	0,249	<b>0,435</b>	0,390
Долгота	$\lambda$	0,048	0,127	-0,394	-0,431	0,094	0,225	0,385	0,282	0,205	<b>0,443</b>
	$Ig\lambda$	0,093	0,185	-0,385	-0,423	0,129	0,283	0,287	0,191	0,219	<b>0,455</b>
Произведение уклона реки на высоту водосбора	$I_p \cdot H$	0,174	<b>0,263</b>	<b>0,714</b>	<b>0,669</b>	0,086	0,198	<b>0,833</b>	<b>0,667</b>	0,343	<b>0,465</b>
	$IgI_p \cdot H$	<b>0,345</b>	<b>0,557</b>	<b>0,662</b>	<b>0,613</b>	0,231	<b>0,466</b>	<b>0,738</b>	<b>0,642</b>	0,379	<b>0,529</b>
Произведение уклона реки на площадь леса	$I_p \cdot A_{лес}$	0,168	<b>0,228</b>	0,411	0,414	0,101	0,198	0,272	0,265	0,382	<b>0,477</b>
	$IgI_p \cdot A_{лес}$	<b>0,299</b>	<b>0,360</b>	0,446	0,437	0,268	0,347	0,275	0,207	<b>0,413</b>	<b>0,487</b>

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Длина реки тесно связана с площадью водосбора ( $r = 0,93$ ), что естественно, вид связи имеет схожий характер по всей территории. Наибольшие коэффициенты корреляции логарифма модуля стока 1 %-ной обеспеченности с длиной реки наблюдаются в бассейне Немана. Статистически значимые связи логарифма модуля стока 1 %-ной обеспеченности с уклоном реки имеют место как для всей территории Беларуси, так и для отдельных бассейнов. Густота речной сети статистически значимо влияет на формирование максимальных модулей стока только в бассейне Немана, а влияние озер для определения логарифма модуля максимального стока 1 %-ной обеспеченности статистически значимо проявляется для территории Беларуси в целом и только для бассейна Западной Двины. Влияние болот

на формирование максимального стока имеет место как для всей территории Беларуси, так и для отдельных ее бассейнов, кроме Западной Двины. Наибольшие коэффициенты корреляции логарифма модуля максимального стока 1 %-ной обеспеченности с заболоченной территорией получены для бассейна Днепра. Влияние заболоченного леса проявляется при рассмотрении территории Беларуси в целом и для бассейнов Днепра и Припяти. Связь сухого леса с максимальными модулями стока имеет место только для бассейна Припяти.

В результате проведенных исследований получены региональные модели, приведенные в табл. 3, за исключением бассейна Немана, для которого не удалось получить адекватной модели.

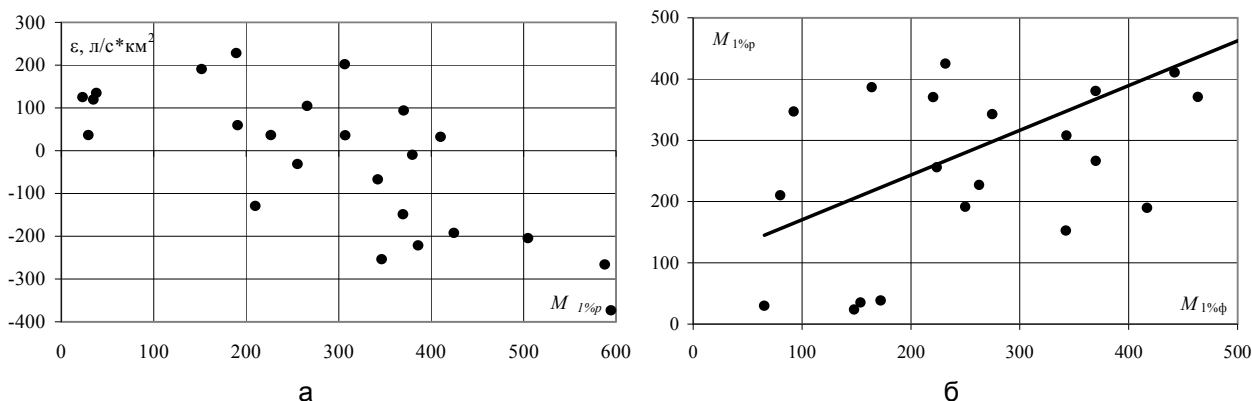
**Таблица 3. Уравнения региональных моделей максимальных модулей стока 1 %-ной обеспеченности рек Беларуси**

Бассейн	Модель	Коэффициент корреляции
Днепр	$M_{1\%} = 721,49 \cdot \lg A - 1577,48 \cdot \lg L - 25,18(A_{бол} + A_{заблес}) - 437,54 \cdot \lg(I \cdot A_{лес}) + 1743,93$	0,85
Западная Двина	$M_{1\%} = 0,5760 \cdot I \cdot H - 58,3215 \cdot \lg A_{лес} + 169,6141$	0,73
Припять	$M_{1\%} = 0,4178 \cdot I \cdot H - 1,5178 \cdot (A_{бол} + A_{лес}) - 0,7911 \cdot A_{лес} + 167,8656$	0,87

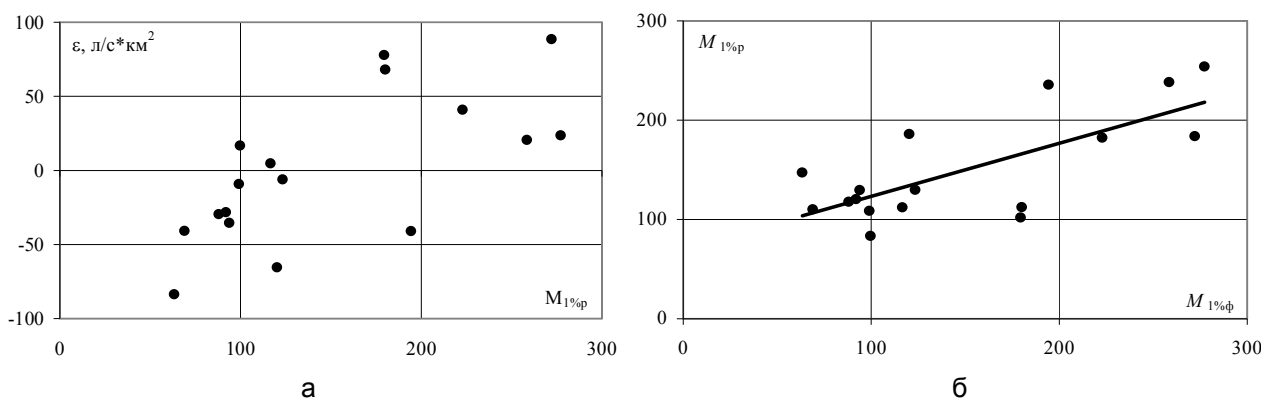
По результатам проверки на независимом материале лучшие показатели дала модель, полученная по бассейну Западной Двины, в 10 % ошибки попало 30 % рек, в 20 % – 45 %, в 50 % – 86 % рек. Несколько худшие результаты показала модель Припяти: в 10 % ошибки попало 22 % рек, в 20 % – 44 %, в 50 % – 84 % рек. Самыми плохими результатами оказались по Днепру, где в 50 % ошибки попало только 45 % рек, в 20 % – 21 %, в 10 % – 10 % рек.

Большой интерес представляет всесторонний анализ остатков, который включает в себя

оценивание резко отклоняющихся экстремальных значений и случайности остатков в зависимости от каждого фактора, входящего в уравнение, и от расчетных значений  $M_{1\%р}$ . Проведенный анализ остатков региональных зависимостей показал, что полосы остатков можно практически во всех случаях принять горизонтальными, и это свидетельствует о правильности построенных моделей. На рис. 1–3 приведены сравнительные графики расчетных  $M_{1\%р}$  и фактических  $M_{1\%ф}$  величин 1 %-ных модулей стока весеннего половодья.



**Рис. 1. Графики анализа остатков  $\epsilon_i$  региональной зависимости для бассейна Днепра: зависимости и расчетных значений  $M_{1\%р}$  (а), а также связь между расчетными и фактическими значениями  $M_{1\%}$  (б)**



**Рис. 2. Графики анализа остатков  $\epsilon_i$  региональной зависимости для бассейна Западной Двины: зависимости и расчетных значений  $M_{1\%р}$  (а), а также связь между расчетными и фактическими значениями  $M_{1\%}$  (б)**

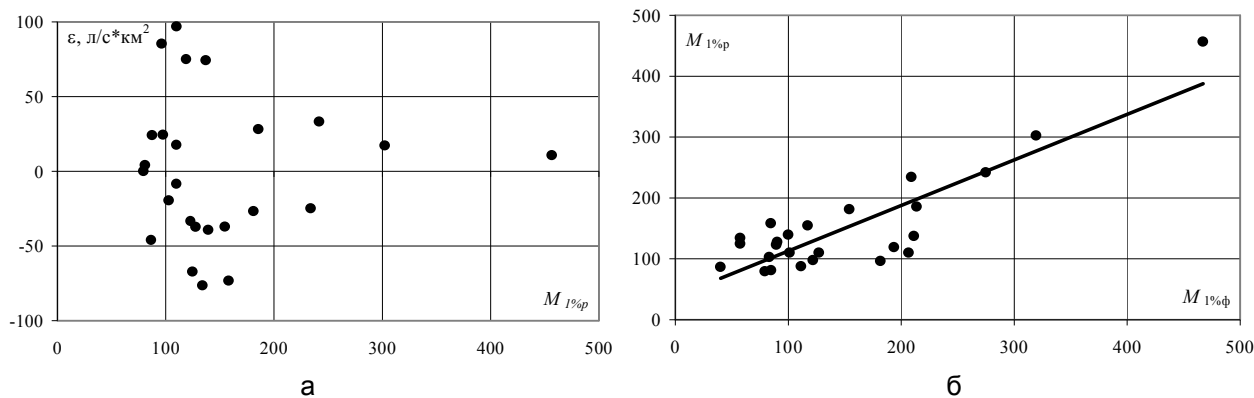


Рис. 3. Графики анализа остатков  $\varepsilon$ , региональной зависимости для бассейна Припяти: зависимости и расчетных значений  $M_{1\%р}$  (а), а также связь между расчетными и фактическими значениями  $M_{1\%ф}$  (б)

Выполненные исследования показали возможность построения регрессионных региональных моделей стока воды весеннего половодья с использованием гидрографических характеристик водосборов рек. Полученные модели для водосборов Днепра, Западной Двины и Припяти

являются достаточно эффективными и позволяют определять расчетные характеристики максимального стока воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности с точностью, приемлемой для решения многих практических задач.

#### Литература

1. Волчек А. А. Автоматизация гидрологических расчетов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: Тр. междунар. науч.-практ. конф. по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений. Брест, 1998. С. 55–59.
2. Лобанов В. А., Никитин В. Н. Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидрографических факторов // Метеорология и гидрология. 2006. № 11. С. 60–69.
3. Пособие к строительным нормам и правилам. П1-98 к СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. Мн., 2000.
4. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. М., 1983.
5. IAHS Newsletter, NL 81, November 2004, 15.

**В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ**

Для водосборов Припяти, Немана, Западной Двины построены регрессионные региональные модели расчета максимальных модулей стока воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности с применением гидрографических характеристик водосборов рек. Использованы три структуры зависимостей: структура редуцированной формулы, аддитивная и мультипликативная. Оценка эффективности полученных моделей осуществлялась как на зависимом, так и на независимом материале наблюдений. Показано, что даже такие простые региональные зависимости являются достаточно эффективными и позволяют определять расчетные характеристики максимального стока при отсутствии данных наблюдений с приемлемой для практики точностью.

**V. F. Loginov, A. A. Volchek, An. A. Volchek**

#### **DEFINITION OF MAXIMAL MODULES OF SPRING FLOODS SINK IN BEALRUS RIVERS**

For Pripyat', Neman, W. Dvina regressive regional models of calculation of maximal modules of spring flood sink of 1 %-provision with the use of hydrographical characteristics of rivers water catchments have been constructed. Three dependence structure have been applied: reduction formula structure, additive and multiplicative one. The obtained models efficiency assessment was realized both on the dependent and independent observation material. It was shown that even such simple regional dependences are rather effective and allow to determine calculated characteristics of maximal sink with possible for practice exactness whilst observation data are absent.