

УДК 556.166

Овчарук В. А., Тодорова О. І.

Одеський державний екологічний університет

**РОЗРАХУНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНИЧНИХ МОДУЛІВ СХИЛОВОГО ПРИПЛИВУ ПІД ЧАС ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ РОКУ НА РІЧКАХ ГІРСЬКОГО КРИМУ**

*Ключові слова:* максимальний стік, дощові паводки, схиловий приплив

**Вступ.** Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків для річок Гірського Криму є однією актуальних та сучасних наукових задач, оскільки паводковий процес – це складне гідрологічне явище, яке вивчене недостатньо, не дивлячись на його величезне практичне значення для гідротехнічних та водогосподарських розрахунків.

Багато років вивченню цьому питання присвятили видатні вчені-гідрологи такі, як А.М. Бефані, П.Ф. Вишневський, В.І. Мокляк, А.В. Огієвський, Й.А. Железняк та ін. В Одеському державному екологічному університеті на кафедрі гідрології суші Гопченком Є.Д. та його учнями [1,2] проведений ретельний аналіз сучасних методів визначення максимального стоку, та запропонована операторна модель, яка надає змогу врахувати всі стокоформуєчі фактори і може бути застосована, як для паводків різного походження так і для весняного водопілля. Перевагою цієї структури є те, що вона застосовується незалежно від площі водозборів.

Шар стоку, тривалість схилового припливу та коефіцієнт його часової нерівномірності є складовими одного з операторів - схилового припливу, який відіграє важливу роль під час формування паводків. Зокрема, від правильного визначення граничних максимумів схилового припливу залежить подальший розрахунок величин максимальних витрат води заданої забезпеченості.

**Мета та вихідні матеріали.** З метою обґрунтування розрахункових характеристик схилового припливу використовувались дані по 56 гідрологічних постах з площами водозборів від 0,32 км<sup>2</sup> (б.Скеляста - с.Міжріччя) до 3540 км<sup>2</sup> (р.Салгир - с.Дворіччя) та періодом спостережень від 8 (р. Альма - смт. Поштове) до 82 років(р. Су-Індол - с.Тополівка).

**Методика дослідження.** Для визначення характеристик схилового припливу використана «операторна» модель формування максимального стоку [2] згідно з якою максимальний модуль  $q_m$  визначається за формулою виду:

$$q_m = q'_m \psi(t_p / T_0) \epsilon F r, \quad (1)$$

де  $q'_m$  - максимальний модуль схилового припливу, який дорівнює:

$$q'_m = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_{1\%}, \quad (2)$$

де  $Y_{1\%}$  - шар стоку за паводок забезпеченістю  $P=1\%$ ;  $T_0$  - тривалість схилового припливу;  $(n+1)/n$  - коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу.

Визначення першого параметра в формулі (1) – шару стоку паводку заданої забезпеченості виконується по результатах стандартної статистичної обробки вихідної інформації, що публікується у довідковій літературі. Що стосується тривалості схилового припливу  $T_0$  і коефіцієнта нерівномірності схилового припливу  $(n+1)/n$ , то вони є не вимірювальними оскільки безпосередне

визначення схилової водовіддачі на сучасному рівні дослідження практично не проводиться.

На практиці найбільш ефективним методом визначення коефіцієнтів нерівномірності  $(n+1)/n$  за відсутності воднобалансових станцій є підхід запропонований в [3]. Він полягає в визначенні  $(n+1)/n$  через елементи руслових гідрографів, зокрема, через коефіцієнти часової нерівномірності руслового стоку  $(m+1)/m$ , що дорівнюють

$$\frac{m+1}{m} = \frac{\bar{T}_n \bar{Q}_m}{\bar{Y}_m F} 86,4, \quad (3)$$

де  $\bar{Y}_m, \bar{T}_n, \bar{Q}_m$  – середньо багаторічні значення шарів стоку, тривалості паводку та максимальних витрат води за паводок, відповідно,  $F$  - площа водозбору.

Узагальнення  $(m+1)/m$  по території може бути виконане з урахуванням площі водозборів  $F$ . Причому, верхнє граничне значення  $(m+1)/m$  при  $F \rightarrow 0$  представляє собою шуканий параметр нерівномірності схилового гідрографа  $(n+1)/n$  [3].

Що стосується визначення тривалості силового припливу  $T_0$ , то отримати цю величину можна зворотнім шляхом з базової формули максимального стоку. Базуючись на генетичній формулі А.М. Бефані [4], та враховуючи вихідну структуру (1) розрахункові рівняння для визначення  $T_0$  можна записати у такому вигляді [5]:

- при  $t_p < T_0$

$$\frac{nq_m}{Y_m \varepsilon_F} T_0^{n+1} - (n+1)T_0^n + \frac{m_1+1}{n+m_1} t_p^n = 0; \quad (4)$$

- при  $t_p \geq T_0$

$$\frac{1}{m_1+1} T_0^{m_1} + \frac{m_1(n+m_1+1)}{(n+1)(m_1+1)} \left[ \frac{q_m}{Y_m \varepsilon_F} t_p - \frac{n+m_1+1}{n+1} \right] t_p^{m_1} = 0, \quad (5)$$

Враховуючи те що у формулах (4,5), крім  $T_0$ , невідомим є ще і коефіцієнт русло-заплавного регулювання  $\varepsilon_F$ , отримаємо рівняння з двома невідомими. Подолання цих труднощів досягається за допомогою чисельних методів. Нажаль, через відсутність спостережень за стоком річок на малих водозборах, регіональне значення першого етапу наближення  $T_0'$ , яке визначається екстраполяцією  $T_0' = f \lg(F+1)$  на вісь ординат при  $F=0$ , є досить суб'єктивним прийомом. Професором Голченком Є. Д. запропоновано комплексний метод уточнення цієї величини [6]. Виходячи з редукційної формули для розрахунку максимального стоку, можна записати

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}} = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_1}}, \quad (6)$$

де  $k_0$  - коефіцієнт схилової трансформації паводкового стоку, рівний

$$k_0 = [(n+1)/n]/T_0 \quad (7)$$

У свою чергу, цей параметр можна встановити, якщо побудувати залежність  $\lg q_m/Y_m = f \lg(F + 1)$  і проєкстраполювати її лінійно на вісь ординат.

Регіональне значення  $T_0'$ , спираючись на (7), дорівнює

$$T_0' = [(n+1)/n]/k_0 \quad (8)$$

Надалі  $T_0'$  підставляється в (1) та для кожного водозбору знаходяться індивідуальні значення  $\varepsilon_F$

$$\varepsilon_F = (q_m/q_m')/\psi(t_p/T_0), \quad (9)$$

які узагальнюються шляхом побудови графіка зв'язку  $\varepsilon_F = f \lg(F + 1)$ .

Скориставшись програмою чисельного встановлення  $T_0$  «Сагуар» і залежністю  $\varepsilon_F = f \lg(F + 1)$  для всіх водозборів визначаються величини  $T_0$ , які надалі підлягають просторовому узагальненню.

**Результати дослідження.** Аналізуючи результати статистичної обробки шарів стоку паводків, можна відмітити, що коефіцієнти варіації Кримських річок, розраховані за методом моментів, коливаються в межах від 0,59 до 2,57, а за методом найбільшої правдоподібності - від 0,61 до 2,78. Співвідношення  $C_s/C_v$  дорівнює 2,5. Оскільки коефіцієнти варіації в обох випадках більше 0,5, то згідно з рекомендаціями [7], в якості розрахункових прийняті статистичні параметри, отримані за методом найбільшої правдоподібності. На їх основі визначені шари стоку різної забезпеченості ( $P=1,3,5,10\%$ ). Розрахункові значення шарів стоку 1%-ої забезпеченості дощових паводків коливаються від 10 мм (р.Салгир – с.Дворіччя  $F= 3540 \text{ км}^2$ ,  $H_{ср} = 490 \text{ м}$ ) до 1238 мм (притока р.Кучук-Узеньбаш  $F= 2,46 \text{ км}^2$ ,  $H_{ср} = 530 \text{ м}$ ). Такий значний діапазон змін величин шарів стоку паводків обумовлений складним поєднанням факторів під впливом яких він формується, зокрема висотної і широтної зональності, а також карсту [8].

Для річок Гірського Криму, за (3) розраховані коефіцієнти  $(m+1)/m$ , які змінюються в межах від 1,59 до 37,74. Тим не менш, залежність виду  $(m+1)/m = f(Lg(F + 1))$  дозволяє проєкстраполювати її лінійно на вісь ординат з метою встановлення  $(n+1)/n$  (рис.1). Для річок Гірського Криму  $(n+1)/n=16,1$ , а  $n=0,07$ .

Як вже було описано вище, тривалість силового припливу  $T_0$  визначається чисельним методом для чого на кафедрі гідрології суші ОДЕКУ розроблена комп'ютерна програма «Сагуар». На першому етапі розрахунків визначається регіонального значення  $T_0'$ . С цією метою побудована залежність тривалості схилового припливу від площі водозборів річок Гірського Криму, яка показана на рис.2. В результаті екстраполяції залежності на вісь ординат, отримано значення  $T_0' = 50$  годин.

Для уточнення отриманих результатів використано комплексний метод. Відповідно до нього коефіцієнт схилової трансформації паводкового стоку отримується на підставі редукції схилової трансформації паводкового стоку (рис.3).

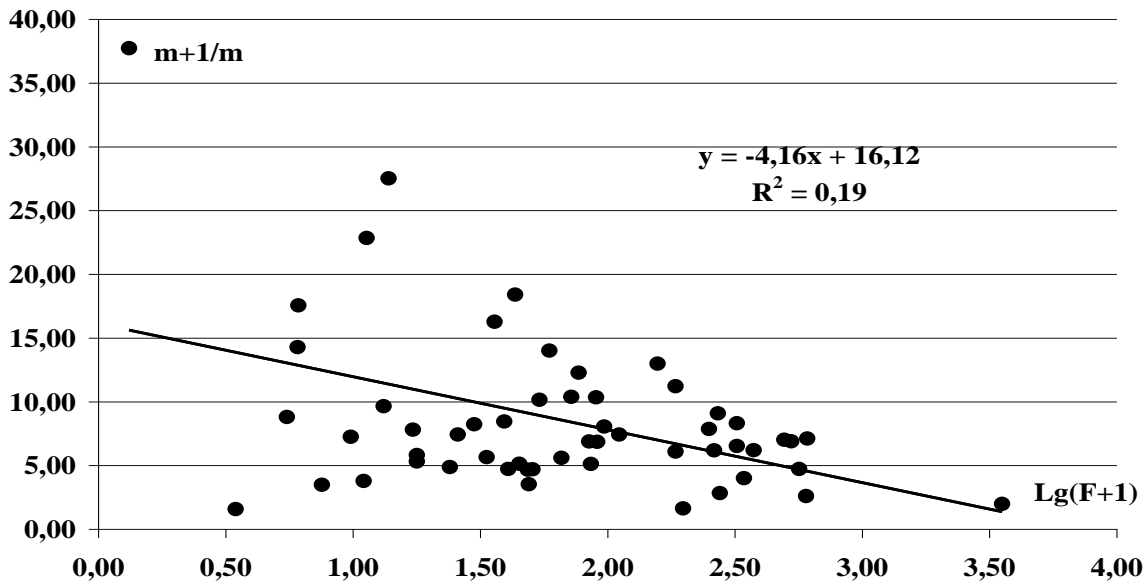


Рис.1 – Залежність коефіцієнта нерівномірності руслового припливу від площі водозбору для річок Гірського Криму

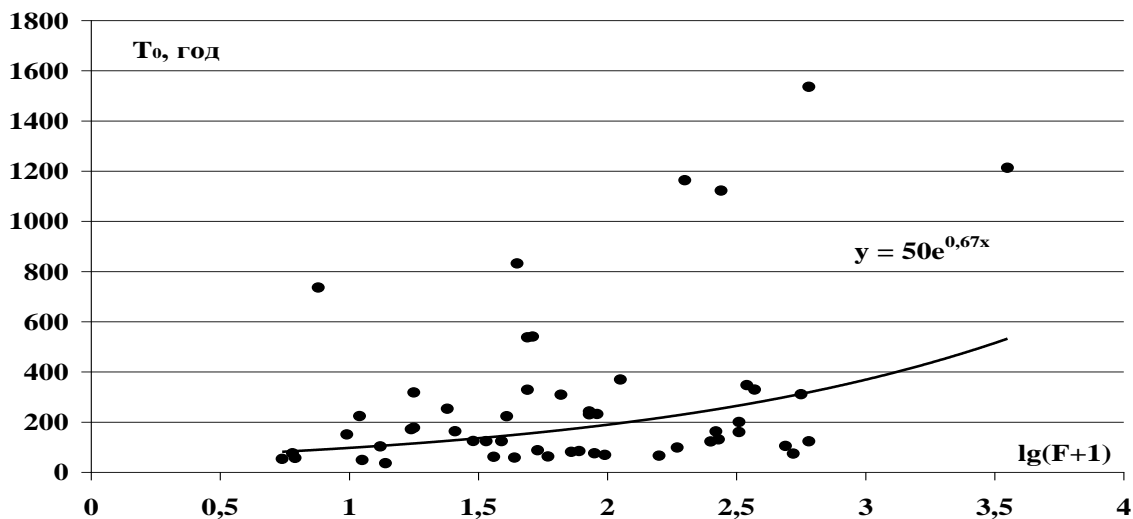


Рис.2 – Залежність тривалості схилового припливу від площі водозбору для річок Гірського Криму

Згідно рівняння (8)  $T'_0 = 16,1/0,32 = 50$  годин. Надалі, з урахуванням отриманого значення  $T'_0 = 50$  год, для кожного водозбору були знайдені індивідуальні значення  $\varepsilon_F$  за рівнянням (9).

Порівняння величин тривалості схилового припливу отриманих різними методами представлена на рис.4. Залежність виражена досить добре, з високим коефіцієнтом кореляції ( $r=0,85$ ), що є підтвердженням правильності отриманих результатів.

Отже, коли визначені всі складові рівняння (2), з'являється можливість визначити розрахункові значення граничних модулів схилового припливу  $q'_{1\%}$  та узагальнити їх у вигляді карти-схеми (рис. 5).

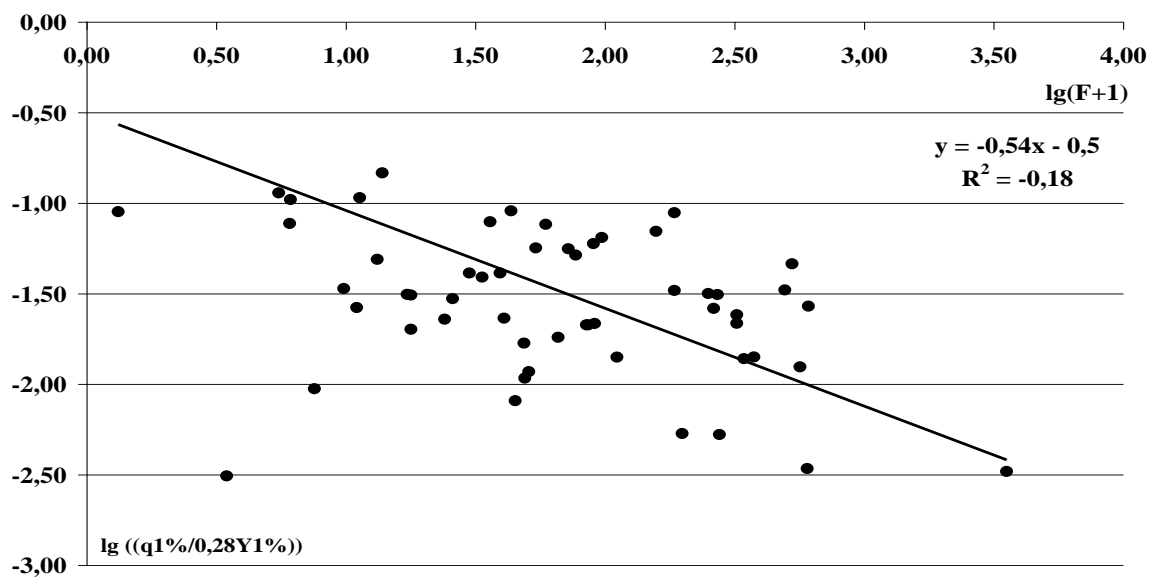


Рис. 3 – Редукція схилової трансформації паводкового стоку на річках Гірського Криму

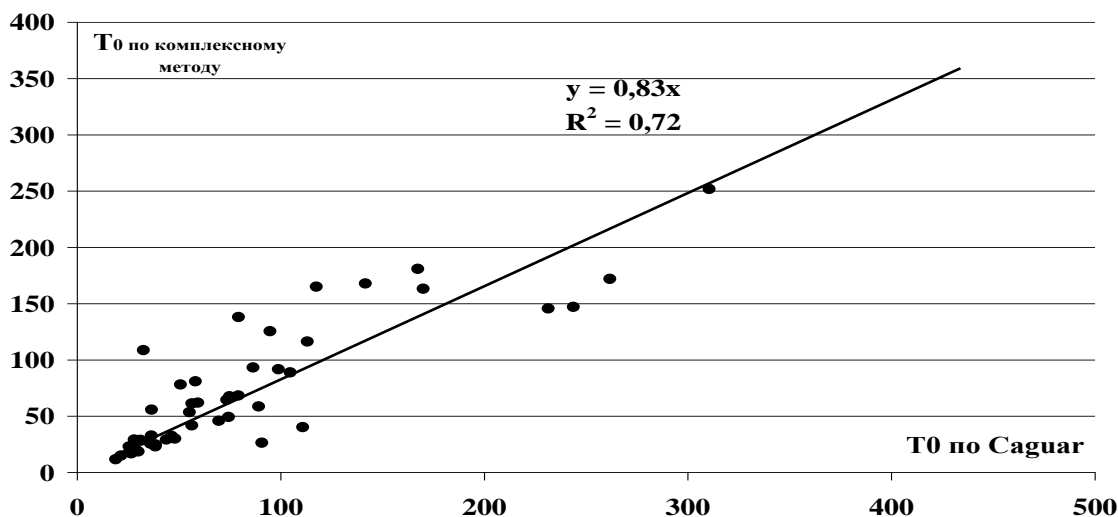


Рис.4 – Порівняння тривалості схилового припливу по двом методам

Аналізуючи карту можна відмітити, що розрахункові граничні модулі схилового припливу в цілому збільшуються з північного сходу на південь від 0,5 м<sup>3</sup>/скм<sup>2</sup> до 10-15 м<sup>3</sup>/скм<sup>2</sup>. Локальні максимуми (до 20 м<sup>3</sup>/скм<sup>2</sup>) спостерігаються на річках Чорна та Ворон. В межах водозборів цих річок відбувається активне розвантаження карстових вод. З іншого боку, мінімальні значення максимальних модулів схилового припливу (2,5 м<sup>3</sup>/скм<sup>2</sup>) приурочені до зони живлення карсту на водозборах річок Біюк- Карасу, Зуя, Авунда і Марта.

Отримані характеристики є основними при обґрунтуванні регіональної методики для визначення максимального стоку дощових паводків теплої періоду для річок Гірського Криму.

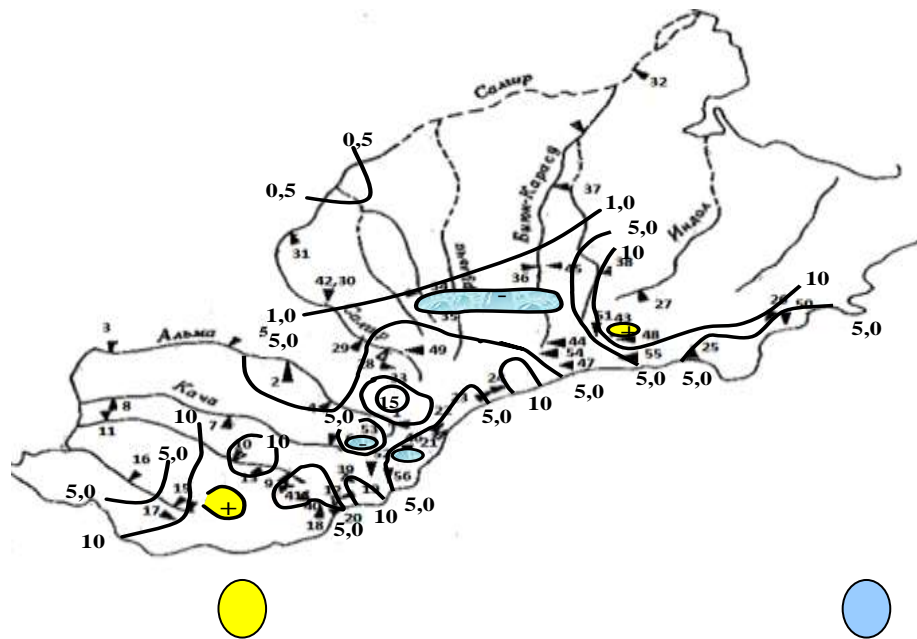


Рис.5 – Розподіл граничних модулів схилового припливу 1-ої забезпеченості по території Гірського Криму, м³/(с км²)

#### Висновки.

- При розробці методів розрахунку максимального стоку для річок Гірського Криму важливу роль відіграють характеристики схилового припливу.
- Для визначення тривалості схилового припливу використаний комплексний метод, запропонований проф. Гопченком Є.Д.
- На території Гірського Криму граничні модулі схилового припливу під час формування дощових паводків теплої періоду коливаються в значному діапазоні - від 2.5 до 20 м³/скм², а їх розподіл визначається як зональними факторами (широта місцевості) та й азональними, зокрема, карстом.

#### Список літератури

1. Гопченко Е.Д. Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины / Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук. – Одесса: ТЭС, 2002.– 110 с.
2. Гопченко Е.Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Е.Д.Гопченко, М.Е.Романчук – Київ: КНТ, 2005. – 148 с.
3. Андреевская Г.М. О форме графиков притока воды со склонов в русловую сеть / Андреевская Г.М., Гопченко Е.Д., Овчарук В.А. // Метеорология, климатология и гидрология. - 1996. - Вып.33. - С. 106-110.
4. Бефани А.Н. Региональные модели формирования стока на территории СССР / А.Н.Бефани, Н.Ф.Бефани, Е.Д.Гопченко // ВНИГМИ МДЦ. – 1981. – Вып. 2. – 60 с.
5. Гопченко Е.Д. О редуционных формулах максимального стока / Е.Д. Гопченко // Труды УкрНИГМИ, 1980. – Вып. 175. – С.85-93.
6. Гопченко Е.Д. Комплексный метод определения расчетных характеристик склонового притока в периоды дождевых паводков и весенних половодий / Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Е.И. Тодорова // Географія, картографія, географічна освіта: історія, методологія, практика. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернівці, 9-11 жовтня 2014 р.) – Чернівці: Видавничий дім «Родовід», 2014.- С. 44-45.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.- Л.:Гидрометеиздат,1984.-448 с.
8. Овчарук В.А. Статистические параметры максимальных расходов воды и слоев паводочного стока для рек горного Крыма / В.А. Овчарук, Е.И. Тодорова // «Геополітика і екогеодинаміка регіонів» Науковий журнал. 2014. Том 10. Вип.1. – С. 766-770.

**Овчарук В. А., Тодорова О. І.** Розрахункові характеристики граничних модулів схилового припливу під час паводків теплого періоду року на річках Гірського Криму. Визначені та узагальнені за територією Гірського Криму граничні модулі схилового припливу під час формування паводків теплого періоду року рідкісної ймовірності перевищення .

*Ключові слова:* максимальний стік, дощові паводки, схиловий приплив.

**Ovcharuk V.A., Todorova O.I.** Calculated characteristics of limit modules of the slope influx during floods of the warm period on the rivers of the Crimean Mountains. Defined and generalized on the territory of the Crimean Mountains limited modules of slope influx during the formation of the flood of warm season rare probability of exceedance.

*Keywords:* maximum runoff, rain floods, slope influx.

**Овчарук В. А., Тодорова Е. И.** Расчетные характеристики граничных модулей склонового притока во время паводков теплого периода на реках Горного Крыма. Определены и обобщены по территории Горного Крыма предельные модули склонового притока в период формирования паводков теплого периода года редкой вероятности превышения.

*Ключевые слова:* максимальный сток, дождевые паводки, склоновый приток.

**Надійшла до редколегії 09.04.2015**

**Jaromir Borzuchowski<sup>1</sup>, Marcin Fraćzek<sup>2</sup>,  
Tomasz Kalicki<sup>2</sup>, Joanna Krupa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MGGP S.A. (Краків, Польща)

<sup>2</sup> Інститут географії

Університету Яна Кохановського в Кельцах (Польща)

## **DIGITAL GEOMORPHOLOGICAL MAP OF GORCE NATIONAL PARK – PRELIMINARY RESULTS.**

### **Part II**

*Keywords:* Digital geomorphological map, Gorce National Park

In the study, for the input data was used the method of scanning. As a result we receive raster image saved in TIFF format. As a result of the earlier stage of the received raster image of geomorphological map, which in certain respects can be considered a digital map, but it will be called the raster image set of input data, which is the basis for the development of vector maps (Borzuchowski 2011). Created workspace was marked the beginning of a vectorisation process. Vector layers were created in order from polygon, than linear and at the end fayers of point. In the first step we import previously obtained raster images of geomorphological map. On their background there have been subsequent drawn vector layers using vectorized manually on the monitor screen. This process consisted in the copy displayed in the form of screen surface, using points, lines, and polygons. All the layers automatically attributed to the same space, which obtained before on raster images. This means that each of the resulting layers was defined in the space on the basis of the same geographic coordinates easier (Borzuchowski 2011). Created vector layers were consecutively subjected to editing. All groups of vector structures are assigned as faithfully reflecting their originals. Digital geomorphological map of Gorce National Park consist 10 polygon layers, 20 linear layers and 11 point layers (Fig. 1). Digital geomorphological map as a thematic map has no vector layer that could be part of the landmark. Such a situation could lead to significantly reduce the opportunities associated with the use of such a map. As a result, the above development is accompanied by an additional layer, raster topographic map layer. Its main task is to assist in the precise location of the users interesting landforms. This layer proved to be helpful in the embodiment outline correction and position morphological forms. The next step of this stage was to determine the accuracy of the application of the structural elements of the map.