

УДК 556.531.4

## ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ Р. ДУНАЙ НА ДІЛЯНЦІ М. РЕНІ- М. ВИЛКОВЕ

М.Є. Романчук, к. геогр. н, доц.,

О.С. Лященко, магістр

Одеський державний екологічний університет,

вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, Lena.L.3105@yandex.ua

В статті розглядається гідрологічний режим р. Дунай з 1960 по 2010 рр. по 3-х постах спостереження: м. Рені, м. Ізмаїл, м. Вилкове, аналізуються хронологічні зміни середніх річних витрат води та внутрішньорічний розподіл стоку. З метою з'ясування характеру багаторічних коливань стоку побудовані різницево-інтегральні криві; розраховані за методом моментів коефіцієнти варіації  $C_v$  і співвідношення  $C_s/C_v$  та встановлені регіональні особливості гідрологічного режиму.

**Ключові слова:** гідрологічний режим, річний стік, цикл водності, тренд, модульні коефіцієнти, норма стоку.

### 1. ВСТУП

Дунай належить до басейну Чорного моря і є найбільшою річкою Центральної та Південно-Східної Європи. Площа його водозбору становить 817 тис. км<sup>2</sup>. У нижній течії, розгалужуючись, Дунай утворює болотисту дельту, площею приблизно 5640 км<sup>2</sup>. Довжина дельти із заходу на схід – 75 км, ширина з півночі на південь – 150 км [1,2].

Вершина дельти знаходиться біля мису Ізмаїльський Чатал, де основне русло поділяється на два гирла – Кілійське та Тульчинське. У свою чергу Тульчинське гирло (біля мису Георгіївський Чатал) розділяється на Георгіївське (праве) і Сулинське (ліве) гирла. В Чорне море, таким чином, р. Дунай впадає трьома основними гирлами: Кілійським (північним), Сулинським (середнім) і Георгіївським (південним). З них Кілійське та Георгіївське мають ще й другорядні гирла.

Кілійське гирло від мису Ізмаїльський Чатал до селища Пардіні протікає по єдиному руслу спочатку на південний схід, а нижче м. Ізмаїл – на південний захід. Від селища Пардіні до м. Вилкове Кілійське гирло двічі розгалужується на другорядні рукави, які потім знову з'єднуються в одне русло [1].

До проведення гідротехнічних робіт у межах нижньої течії р. Дунай водоносність в Кілійському, Сулинському і Георгіївському гирлах відповідно становила: 62%, 8%, і 30%.

З метою забезпечення проходу морських суден з моря в р. Дунай через Сулинське і Тульчинське гирла були проведені гідротехнічні роботи зі спорудження біля мису Ізмаїльський Чатал кам'яної дамби довжиною 430 км.

### 2. ЖИВЛЕННЯ РІЧКИ І РЕЖИМ РІВНІВ ВОДИ

Живлення річки Дунай відбувається за рахунок танення високогірних снігів, рідких опадів і ґрунтових вод. Річка приймає на своєму шляху притоки з різними умовами живлення. Верхній Дунай живиться переважно за рахунок сніготанення в Альпах, в основному влітку, і рідких опадів. Притоки Середнього

Дунаю приносять воду від весняного сніготанення в Карпатах (Тиса) і рідких опадів влітку. Восени, під час посушливого періоду, і взимку Середній Дунай живиться підземними водами. Нижній Дунай в основному є транзитною ділянкою, яка несе воду зверху. Частково тут додається вода за рахунок танення снігів у Карпатах, а частково – за рахунок рідких опадів. Також як і на Середньому Дунаї, восени і взимку поповнення річки збільшується за рахунок ґрунтових вод.

Перераховані вище особливості живлення Дунаю визначають характер режиму рівнів.

Верхів'я Дунаю характеризуються різкими піковими коливаннями рівня води, максимальними – влітку і мінімальними – взимку.

На Середньому Дунаї паводки, що приходять зверху, розпластуються і мають більш плавний характер. Тиса і Сава трохи змінюють режим рівнів Дунаю. Додаються нові великі паводки, викликані в основному зливами в Дінарських Альпах і стійкими хвилями весняного водопілля за рахунок сніготанення в Карпатах.

Для Нижнього Дунаю характерні плавні коливання рівнів, обумовлені трансформацією хвиль, що сформувалися на Верхньому і Середньому Дунаї.

Найвищі річні рівні води можуть бути в будь-якому місяці року, проте на Верхньому і Середньому Дунаї найбільш часто вони настають влітку, а на Нижньому Дунаї – навесні.

Найнижчі річні рівні спостерігаються в період, коли основне живлення річки відбувається за рахунок підземних вод, зазвичай восени або взимку.

Амплітуда коливання рівня води змінюється по довжині річки в широких межах. В обмежених гірських районах вона досягає 10 м.

Такі ж значення відзначаються в місцях утворення льодових заторів.

На рівнинних ділянках з широкою заплавою амплітуда становить 3-5 м, зменшуючись до гирла Дунаю до 1- 1,5 м [2].

Ймовірність льодоставу на Нижньому Дунаї становить у середньому 40-75%.

### 3. ОСОБЛИВОСТІ РІЧНОГО СТОКУ І ЙОГО ВНУТРІШНЬОРІЧНОГО РОЗПОДІЛУ НА НИЖНІЙ ДІЛЯНЦІ Р. ДУНАЙ

В статті розглядається часовий період з 1960 по 2010 рр., тобто режим стоку за останні 50 років. Використані відповідні матеріали спостережень на 3-х гідрологічних постах, які розташовані у межах України: м. Рені, м. Ізмаїл, м. Вилкове.

Перш за все, з метою з'ясування характеру багаторічних коливань стоку по кожному з трьох гідростворів були побудовані різницево-інтегральні криві,  $\sum_{i=1}^n (k_i - 1)$  де  $k_i = Q_i / \bar{Q}_i$  - модульні коефіцієнти,

$Q_i$  - щорічні витрати води,  $\bar{Q}_i$  - їх норми,  $n$  - тривалість спостереження (у роках), на інтервалі 1960-2010 рр. [3,4,5]. Суміщений по 3-х постах графік різницево-інтегральних кривих наводиться на рис. 1. З нього видно, що розпочинаються і закінчуються окремі залежності на нульових позначках,

коли  $\sum_{i=1}^n (k_i - 1) = 0$ . Загалом можна виділити на всіх

графіках по одному замкнутому циклу водності з багатоводною фазою на інтервалі 1960-1982 рр. ( $n_1 = 22$  роки) і маловодною - на інтервалі 1982-2010 рр. ( $n_2 = 28$  років). Фактично нами розглядається майже симетричний графік коливань річного стоку у часі. З іншого боку, по довжині річки різницево-інтегральні криві мають все більш поступове згладжування за амплітудою коливань річного стоку від їх норм [6].

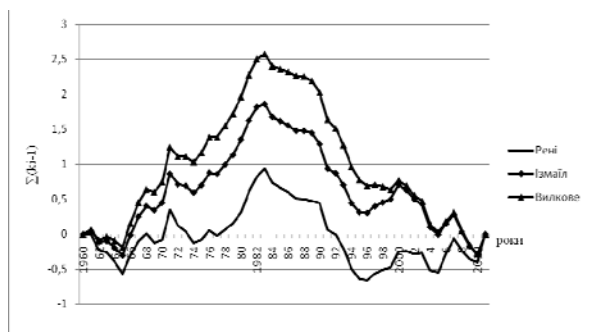


Рис. 1 – Сумісний графік різницево-інтегральних кривих річного стоку на ділянці Нижнього Дунаю

Важливі особливості характерні й для хронологічних змін середніх річних витрат води на часовому інтервалі 1960-2010 рр. (рис. 2,3,4). За своїм зовнішнім виглядом, вони майже не різняться, особливо це відноситься до водності в м. Ізмаїл і

м. Вилкове. Щодо в/п м. Рені, то при подібності хронологічних графіків витрат води за масштабами вони не збігаються. Середні річні витрати води на в/п м. Рені значно перевищують відповідні значення по в/п м. Ізмаїл і м. Вилкове. Виходячи з цих обставин, можна дійти висновку щодо суттєвої трансформації водного потоку на ділянці м. Рені – м. Ізмаїл – м. Вилкове (при майже відсутності бічного припливу на ділянці м. Ізмаїл - м. Вилкове), а також завдяки біфуркації потоку у гирловій частині р. Дунай.

Привертає увагу ще одна особливість хронологічних графіків середніх річних витрат води  $Q = f(t)$ : по довжині нижньої ділянки Дунаю змінюється часовий тренд. Так, на в/п м. Рені тренд майже відсутній, тобто із року в рік коливання відбуваються як випадкові величини. Але вже по в/п м. Ізмаїл має місце додатний тренд зі значущим коефіцієнтом кореляції  $r = 0,25$ . Ще більше виражений додатний тренд по в/п м. Вилкове ( $r = 0,36$ ). Такі особливості у часовому ході річного стоку, мабуть, пов'язані з тим, що у межах пониззя, починаючи з 1982 р., мав місце більш посушливий період порівняно з попередніми роками. Підвищена посушливість клімату, у свою чергу, сприяла збільшенню витрат стоку р. Дунай на випаровування у заплавах та у придунайських водоймах-озерах.

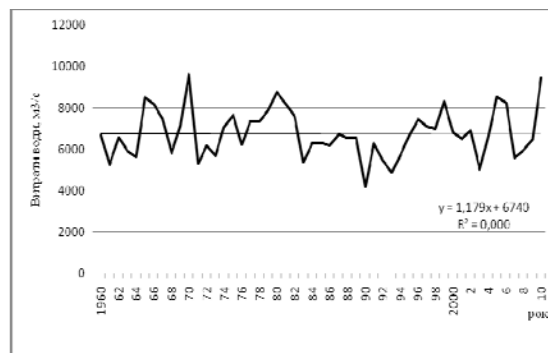


Рис. 2 – Часовий хід середньорічних витрат води по створу р. Дунай - м. Рені (1960-2010 рр.)

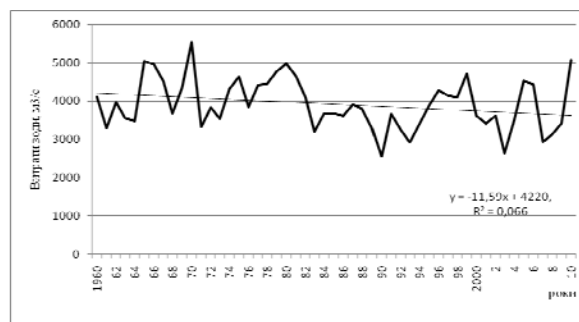


Рис. 3 – Часовий хід середньорічних витрат води по створу р. Дунай - м. Ізмаїл (1960-2010 рр.)

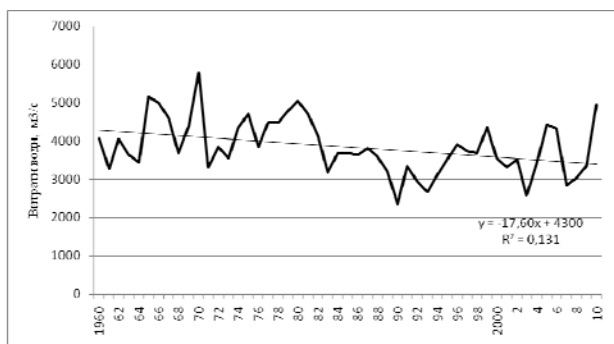


Рис. 4 – Часовий хід середньорічних витрат води по створу р. Дунай – м. Вилкове (1960-2010 рр.)

Щодо внутрішньорічного розподілу стоку на українській частині р. Дунай, то як видно із типового графіка змін модульних коефіцієнтів  $k_i$  (рис. 5), на ньому чітко і синхронно виділяються: багатоводна фаза (з березня по липень) та маловодна (січень – лютий і серпень-грудень). У найбільш маловодні періоди модульні коефіцієнти становлять 0,69-0,70, а у найбільш багатоводні досягають 1,38-1,40.

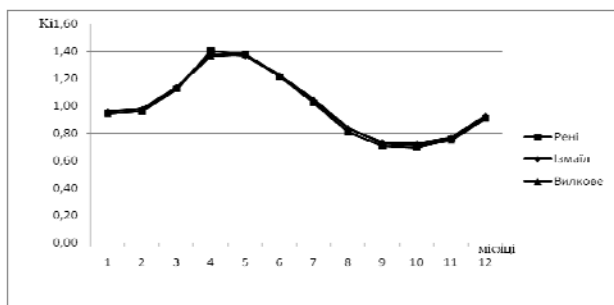


Рис. 5 – Типовий графік змін модульних коефіцієнтів середньомісячних витрат води на ділянці нижнього Дунаю (1960-2010 рр.)

Розраховані за методом моментів [7,8] коефіцієнти варіації часових рядів середньомісячних витрат води  $C_v$  по в/п м. Рені, м. Ізмаїл, м. Вилкове представлені на рис. 6 і свідчать про те, що починаючи з січня і по грудень, включно спостерігається досить виражений додатний тренд у їх зміні. В середньому на часовому відрізку 1960-2010 рр.  $C_v$  коливаються в діапазоні 0,25-0,35. Обчислені (також за допомогою методу моментів) співвідношення між коефіцієнтами асиметрії часових рядів середньомісячних витрат води  $C_s$  і варіації  $C_v$  ілюструються рис. 7. Очевидно, що протягом року у середньому має місце зростання співвідношення  $C_s / C_v$  від мінус 1 (у лютому і квітні) до 1-5 (у листопаді – грудні). Така поведінка коефіцієнтів варіації  $C_v$  і співвідношень  $C_s / C_v$  у пониззі р. Дунай протягом року пов'язана з коливаннями водності річки.

Залежність  $C_v = f(k_i - 1)$  можна описати за допомогою лінійного рівняння.

$$C_v = (C_v)_{ki=1} - a_{(ki=1)} \quad (1)$$

де  $(C_v)_{ki=1}$  – коефіцієнт варіації, приведений до випадку  $Q_i = \bar{Q}$ ;  $\bar{Q}$  – норма середньорічної витрати води (окремо по в/п м. Рені, м. Ізмаїл, м. Вилкове);  $a$  – тангенс кута нахилу залежності  $C_v = f(k_i - 1)$

По пунктах гідрологічних спостережень визначені такі значення параметрів  $C_v = (k_i - 1)$  і  $a$ :

м. Рені -  $(C_v)_{ki=1} = 0,31; a = 0,096$

м. Ізмаїл -  $(C_v)_{ki=1} = 0,29; a = 0,11$

м. Вилкове -  $(C_v)_{ki=1} = 0,30; a = 0,079$

Відповідні коефіцієнти кореляції цих залежностей є значущими і становлять: 0,67; 0,69 і 0,54

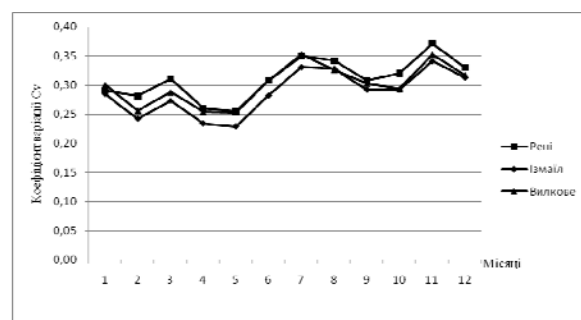


Рис. 6 – Змінність коефіцієнтів варіації  $C_v$  часових рядів середньомісячних величин річного стоку на ділянці м. Рені – м. Вилкове (період 1960-2010 рр.)

Залежності відношення  $C_s / C_v$  від водності річки Дунай, за аналогією з (1), можна представити рівнянням

$$C_s / C_v = (C_s / C_v)_{ki=1} - b \quad (2)$$

де  $(C_s / C_v)_{ki=1}$  – співвідношення між коефіцієнтами асиметрії і варіації часових рядів середньомісячних витрат води по в/п м. Рені, м. Ізмаїл, м. Вилкове при  $Q_i = \bar{Q}$ ;  $b$  – тангенс кута нахилу залежності  $C_s / C_v = f(k_i - 1)$

По окремих пунктах на нижньому Дунаї параметри формули (2) мають такі значення :

м. Рені -  $(C_s / C_v)_{ki=1} = 1,65; b = 3,94$

м. Ізмаїл -  $(C_s / C_v)_{ki=1} = 1,85; b = 5,60$

м. Вилкове  $(C_s / C_v)_{ki=1} = 2,21; b = 4,49$ .

Коефіцієнти кореляції по залежності (2) є також значущими і відповідно дорівнюють: 0,63; 0,84 і 0,72.

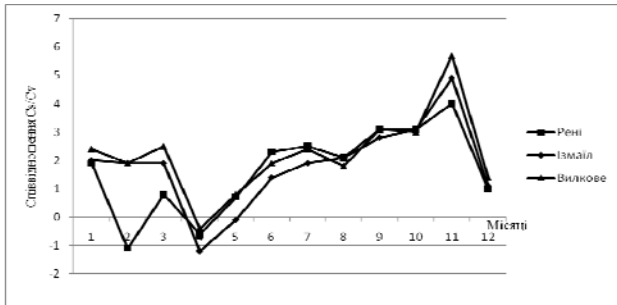


Рис. 7 – Змінність співвідношення  $C_s / C_v$  рядів середньомісячних величин річного стоку на ділянці м. Рені – м. Ізмаїл – м. Вилкове (1960-2010 рр.)

#### 4. АНАЛІЗ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

За матеріалами спостережень за стоком річки Дунай у її пониззі на часовому інтервалі 1960-2010 рр. встановлені регіональні особливості гідрологічного режиму, які полягають у наступному:

1. Об'єктом досліджень є часові ряди витрат води на ділянці Нижнього Дунаю (у межах України).

Статистичний аналіз часових рядів витрат і рівнів води за 1960-2010 рр. та просторове узагальнення цих характеристик був зроблений з використанням програм прикладного пакету Stoc stat. За вихідні дані були прийняті матеріали багаторічних спостережень за гідрологічним режимом річки Дунай в пунктах: м. Рені, м. Ізмаїл, м. Вилкове.

2. Розрахунковий період по 3-х постах фактично представляє собою один, але масштабний цикл коливання середньорічного стоку з багатоводним періодом, що охоплює 1960-1982 рр., та маловодним – 1983-2010 рр. (з наявністю маловодної фази у літньо-зимовий сезон і багатоводної – у весняний). Такі особливості у часовому ході стоку на ділянці м. Рені - м. Вилкове можна пояснити, мабуть тим, що на пониззі Дунаю, починаючи з 1982 р., мав місце більш посушливий період ніж у попередні роки. Підвищена посушливість клімату, у свою чергу, сприяла підвищенню втрат стоку р. Дунай на випаровування у заплавах та у придунайських водоймах - озерах.

3. За своєю багаторічною динамікою середньорічні витрати води по довжині річки на нижній її ділянці мають однотиповий характер, але вже після в/п м. Рені, чітко виділяється від'ємний тренд (зі значущим коефіцієнтом кореляції) по в/п м. Ізмаїл і в/п м. Вилкове.

4. У внутрішньорічному розподілі середньомісячних витрат води виявляються чітко маловодний (січень-лютий і серпень – грудень) і багатоводний (березень - липень) періоди.

5. Статистичні параметри часових рядів річного і середньомісячного стоку (коефіцієнт варіації  $C_v$  і співвідношення між коефіцієнтом асиметрії і варіації  $C_s / C_v$ ), обчисленні з використанням методу моментів, характеризуються протягом року наявністю від'ємних трендів.

6. Встановлена причинно-наслідкова зумовленість коефіцієнтів варіації  $C_v$  і співвідношення  $C_s / C_v$  відповідними модульними коефіцієнтами середньомісячних величин стоку.

7. Одержані результати можуть використовуватись безпосередньо при розрахунку характеристик місячного стоку різної ймовірності перевищення у межах нижньої течії р. Дунай.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михайлов В.Н. Гидрология дельты Дуная / В.Н. Михайлов. - М.:ГЕОС, 2004. - 448 с.
2. Каганер М.С. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдова. Выпуск 1. Западная Украина и Молдова. / Под ред. М.С. Каганера. - Т.6: - Л.: Гидрометеоиздат, 1967. - 492 с.
3. Гопченко Е.Д. Гидрология с основами мелиорации / Е.Д. Гопченко, А.В. Гушля - Л.: Гидрометеоиздат, 1988.- 303 с.
4. Рождественский А.В. Синоптические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 424 с.
5. Школьний С.П. Обробка й аналіз гідрометеорологічної інформації: навч. посіб. / С.П. Школьний, І.Д. Лосва, Л.Д. Гончарова – Одеса.: ТЕС, 1999. – 600 с.
6. Гопченко С.Д. Гідрологічні розрахунки / С.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук – Одеса.: ТЕС, 2014. - 483 с.
7. Рождественский А.В. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 447 с.
8. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский - Л.: Гидрометеоиздат, 1968.- 540 с.

#### REFERENCES

1. Mikhailov V. N. *Gidrologiia del'ty Dunaia* [Hydrology of the Danube Delta]. Moscow: GEOS Publ., 2004. 448 p.
2. Kaganer M.S. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Ukraina i Moldova. Vypusk 1. Zapadnaia Ukraina i Moldova*. [Surface water resources of the USSR. Ukraine and Moldova. Issue 1. Western Ukraine and Moldova]. Part.6: L'vov.: Gidrometeoizdat Publ., 1967. 492 p.
3. Gopchenko E. D., Gushlia A. V. *Gidrologiia s osnovami melioratsii* [Hydrology with the basics of reclamation]. L'vov.: Gidrometeoizdat Publ., 1988. 303 p.
4. Rozhdstvenskii A.V., Chebotarev A.I. *Sinopticheskie metody v gidrologii* [Synoptic methods in hydrology]. L'vov.: Gidrometeoizdat Publ., 1974. 424 p.
5. Shkol'nii E.P., Loeva I.D., Goncharova L.D. *Obrobka i analiz gidrometeorologichnoi informatsii: navch. posib.* [Processing and analysis of hydrometeorological information: study guide]. Odessa.: TES Publ, 1999. 600 p.
6. Gopchenko E..D., Loboda N.S., Ovcharuk V.A. *Gidrologichni rozrakhunki* [Hydrological estimates]. Odessa.: TES Publ., 2014. 483 p.
7. Rozhdstvenskii A.V., Lobanova A.G. *Posobie po opredeleniiu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik*. [Manual for the definition of the calculated hydrological characteristics]. L'vov: Gidrometeoizdat Publ., 1984. 447 p.
8. Sokolovskii D.L. *Rechnoi stok* [River discharge]. L'vov.: Gidrometeoizdat Publ., 1968. 540 p.

## FEATURES OF HYDROLOGICAL REGIME OF THE DANUBE RIVER AT THE SITE RENI – VILKOVE

**M.Y. Romanchuk**, Candidate of Geographic Sciences, Associated Professor

**O.S. Lyashchenko**, master

*Odessa State Environmental University, 15 Lvivska str., 65016, Odessa, Ukraine*

*Introduction:* The Danube River is one of the largest rivers in the world that crosses 10 European countries. The Danube water is used for irrigation, navigation, fisheries' needs and is a major source of recharge Danube lakes' water. There is the Danube Biosphere Reserve in Danube river's estuarine area. Therefore it is important to define the character of the distribution of the Danube's annual runoff.

*The purpose* of this publication – is to clarify the nature of long-term and intra fluctuations of the annual flow during 50 years, namely from 1960 to 2010 due to the three hydrosections in: Reni, Izmail and Vylkove.

*Results* of the research: The settlement period for all positions is presented as a single cycle fluctuations of average annual run off, which consists of a abounding phase during the interval of 1960-1982 ( $n_1 = 22$ ) and a dry one – during range of 1982-2010 ( $n_2 = 28$ ). In its long-term dynamics, average water discharge along the river has the same type. In intra annual distribution of monthly water consumption are clearly stood out the shallow period (January-February and August - December) and the high-water (March - July) period. The coefficient of variation  $C_v$ , the correlation between asymmetry and variation coefficient  $C_s / C_v$ , calculated using the method of moments during the year are characterized by the presence of negative trends.

*Conclusions:* The results can be used directly in the calculation of monthly run off characteristics of different probability of exceedance within the lower reaches of the Danube river and in the implement of the Danube-water exchange in lakes

**Keywords:** hydrological regime, river flow, water cycle, trend, modular factors, the rate of flow

## ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА Р. ДУНАЙ НА УЧАСТКЕ Г. РЕНИ - Г. ВИЛКОВО

**М.Е. Романчук**, к. геог. н., доц., **Е.С. Лященко**, магистр

*Одесский государственный экологический университет, ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, ,  
Lena.L.3105@yandex.ua*

В работе рассматривается гидрологический режим р. Дунай с 1960 по 2010 гг. по 3-м постам наблюдения г. Рени, г. Измаил, г. Вилково, анализируются хронологические изменения средних годовых расходов воды и внутригодовое распределение стока. С целью выяснения характера многолетних колебаний стока - построены разностно-интегральные кривые; рассчитаны по методу моментов коэффициенты вариации  $C_v$  и соотношения  $C_s / C_v$  и установлены региональные особенности гидрологического режима.

**Ключевые слова:** гидрологический режим, годовой сток, цикл водности, тренд, модульные коэффициенты, норма стока.

*Дата першого подання:* 07.04.2015

*Дата надходження остаточної версії:* 16.06.2015

*Дата публікації статті:* 24.09.2015