

**Margaryan V.G.**

*Yerevan State University, Department of Physical Geography and Hydrometeorology,  
Yerevan, Armenia, Email: vmargaryan@ysu.am*

## **ASSESSMENT AND MANAGEMENT CHALLENGE OF MAXIMUM RIVER FLOW OF THE SPRING FLOOD RISK OF MARMARIK RIVERS**

**Keyword:** *maximum flow, spring flood, risk, management, challenges, Marmarik river.*

**Introduction.** Climate change is a serious problem for humanity. Influences of climate change are sensed in around the world today. The Republic of Armenia as a country with dry climatic conditions is vulnerable in the whole territory of country to climate change. By the estimation of World Bank in the region of Europe and Central Asia Armenia is one of the most sensible countries to climate change.

Marmarik River is used for the purpose of irrigation and water supply industries. The river valley has great recreational opportunities: it operates a complex of summer holiday homes. Marmarik reservoir has been built on the river in recent years.

Considering the role and significance of Marmarik River our aim is to identify, analyze and evaluate the impact of global climate change on the river's maximum flow and to assess the vulnerability and risk of maximum flow rate based on the selected scenarios.

**Stuff and method.** The theoretical basis for solving the tasks are of research [1-4] in particular are the research works about climate change and its effects' mitigation. As a methodological basis used by our scientific work are characterization, analysis, statistical analysis, mathematical and correlation methods. As a basic material, maximum flow, temperature and precipitation data have been taken from the Hydromet Service.

In the river basin hydrological and meteorological studies have been done beginning from in 30 th century 20 th. Deficiency is that the basin studied very badly by meteorological observation. In the basin in different years worked one meteorological station (Hankavan) and two meteorological points (Aghavnadzor and Meghradzor). At the present time (2015) in the river basin works only one meteorological station (Hankavan). Also, during some period Hankavan was as a point (that is there were only precipitation and snow cover observation) and as a meteorological station. So did not save continuity of observations range. That is why in work have been used of observations of neighbour meteorological station (Hrazdan) Hankavan.

A total in basin worked 9 hydrological point, 2 of which only a year, and 3 of them – 3 years. Now (2015) in the basin is working four hydrological point: Hankavan (1956-2015) and Aghavnadzor (1396-2015), which situated on Marmarik river, Meghradzor (1935-2015) and Tsaghkadzor (2010-15) which situated on the tributary of Marmarik (Gomur and Tsaghkadzor).

Marmarik – the largest tributary of the river Hrazdan. It has a length of 97 km, the catchment area is 418 sq.km or 14% of the total territory of the Republic of Armenia. Marmarik river catchment located in the northern part of the Kotayk marz of the Republic of Armenia and situated in the basin between Tsaghkunyats and Pambak, the average height of 2300 m (fig. 1).

The river originates in the north-western slope of the Tsaghkunyats mountain range with a height 2520 m. Its largest tributaries are Gomur, Erkarget and Ulashik. The relief is typically mountainous basin, sharply dissected by valleys, gorges and valleys gorges.

The catchment area is mainly dominated by water-resistant rocks. Almost 13% of the basin, 55 sq.km, is covered by forest. About 35% of area is irrigated land.

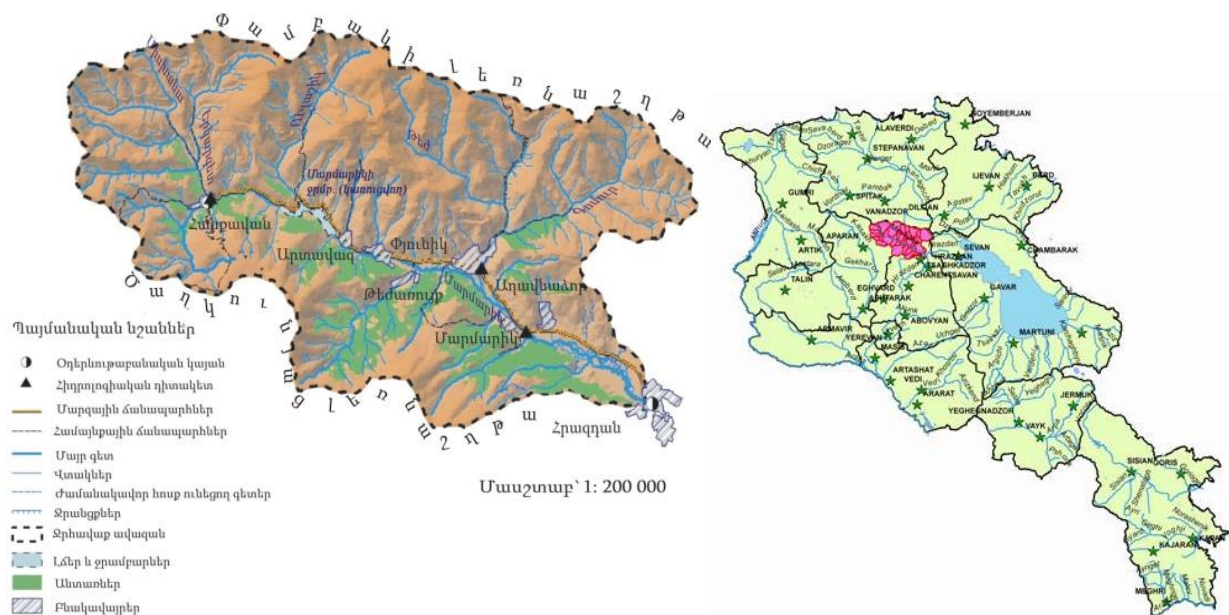


Figure 1. The river basin of Marmarik

In order to ensure a comprehensive science-based and rational use and protection of water resources in the basin, as well as to preserve the natural flow of the river according to the decision of the № 148 Council of Ministers of Armenia of 23 March, 1981 in the upper reaches of the river Marmarik created hydrological reserve. The territory of the hydrological reserve of 93,5 sq.km from the mouth of the river to the village Hankavan.

Currently, the water of the river Marmarik mainly used in municipal, irrigation purposes as well as for industrial purposes and recreational purposes and Hrazdan power plant and «Mica-Cement», CSC.

Stoke river formed the waters of streams flowing from mountain ranges Pambak and Tsaghkunyats. It flows into the river Hrazdan, at 116 km above the mouth Marmarik formed and flows exclusively on the territory of Armenia. The river of snow and rain (74,8%) and underground (25,2%).

**Results and discussion.** The maximum flow values and their transition periods are characterized by high volatility in recent years, which is not explained by the simultaneous melting of snow, as well as climatic differences. According to the data taken from Hankavan water metering observation point, the maximum recorded value in the spring of 2007 on 11<sup>th</sup> of May was 33,4 m<sup>3</sup>/s, the smallest value recorded in 1989 on 24<sup>th</sup> of April 3,4 m<sup>3</sup>/ s.

The tab. 1 shows the average long-term data meteorological elements meteorological station Marmarik.

Distribution of flow and water regime of rivers are the main characteristics in terms of water resources, which depend on the power supply and the conditions of formation of rivers and watersheds. Rivers of Armenia, including the river Marmarik, characterized by periods of spring flooding (IV-VI), the summer-autumn and autumn-winter low water (tab. 2).

Table 1. Average long-term data of meteorological elements of Hankavan meteorological station [3]

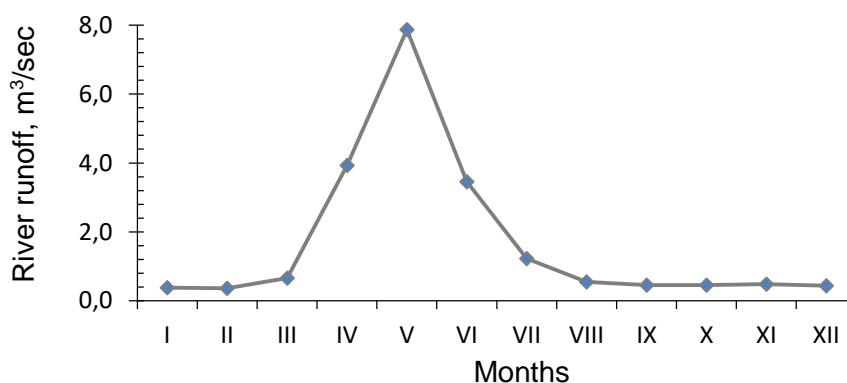
Meteorological elements	Months												Year	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Air temperature, °C														
Average	monthly	-8,6	-7,4	-3,6	2,8	8,4	1,3	14,4	14,6	11,0	6,2	0,0	-6,0	3,6
	maximum	-4,5	-3,5	0,6	7,5	14,6	17,9	20,8	21,7	19,2	13,4	4,8	-1,1	9,3
Absolute	minimum	-12,6	-11,4	-8,2	-1,0	3,2	5,4	8,3	8,0	4,3	1,0	-4,2	-9,8	-1,4
	maximum	7	11	17	22	26	27	31	31	30	25	17	10	31
	minimum	-28,8	-27,1	-26,4	-16,7	-7,40	-2,90	1,40	-0,50	-4,20	-13,0	-21,3	-26,4	-28,8
Soil surface temperature, °C														
Average	monthly	-12	-10	-6	2	11	16	20	19	14	6	-1	-8	4
	maximum	-1	2	5	13	26	33	40	41	34	22	9	1	19
Absolute	minimum	-18	-17	-12	-4	1	4	7	7	2	-3	-6	-15	-5
	maximum	10	12	17	38	50	54	60	60	56	50	29	18	60
	minimum	-38	-38	-37	-24	-6	-4	0	0	-7	-18	-28	-31	-38
Air humidity														
Average	water-vapor pressure, hPa	3,0	3,0	3,8	5,6	8,0	10,2	12,6	11,8	8,8	6,4	5,2	3,4	6,8
	Relative humidity, %	80	77	77	74	76	76	77	75	75	73	80	79	76
	Moisture deficit, hPa	0,8	0,9	1,2	2,2	3,4	4,0	4,8	5,4	4,6	3,2	1,4	1,1	2,8
Wind speed, m/sec														
Average		1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
Atmospheric precipitation														
Rainfall, mm		63	77	86	92	117	110	74	49	49	66	61	47	891
Snow depth, cm		43	55	54	14							9	21	

**Table 2. Characteristics of annual average values of runoff and annual distribution**

River - point	Runoff modul, l/sec km <sup>2</sup>	Annual average consumption m <sup>3</sup> /sec	Runoff height, mm	Quarterly runoff, m <sup>3</sup> /sec (inrelationto the annual, %)			
				I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
Marmarik-Hankavan	17,9	1,67	566	0,46	5,02	0,75	0,46
				(7)	(75)	(11)	(7)
Marmarik-Aghavnadzor	12,4	4,76	391	1,48	12,1	1,73	1,25
				(9)	(73)	(10)	(8)
Ulashik-Artavaz	20,6	0,80	649	0,25	2,08	0,56	0,27
				(8)	(66)	(18)	(9)
Gomur-Meghradzor	15,2	1,54	478	0,40	4,79	0,59	0,37
				(6)	(78)	(10)	(6)

The pool Marmarik annual flow is characterized by a pronounced spring peak. The relatively small increase in the second flow rate is sometimes observed during the autumn rains. Minimum flow is observed in winter, when the power comes only groundwater. In contrast to the general pattern of the water regime of the Araks basin, Marmarik basin stands out for its originality. In Marmarik basin summer runoff (VII-VIII) exceeds the autumn and winter runoff. The reason is that the river basin is relatively wet, high water – a long, snow component plays an important role, whose influence is also stored on the formation of summer flows.

Since March, an increase in water output, which peaks in May and has since June exits the water is almost 2-3 times decreases and reaches a minimum in the period from December to February (fig. 2).



**Figure 2. Annual course of Marmarik river runoff in Hankavan points**

During spring flooding often goes the maximum water flow of the river. The maximum flow is usually formed in late April – early May, especially in the first half of May. In the hydrological point Hankavan the earliest maximum flow observed in April (the earliest – April 8, 2001, which amounted to 10,7 m<sup>3</sup>/sec). The latest date the maximum flow observed 10 June 1981 (which amounted to 13,5 m<sup>3</sup>/sec). However in some years (1965, 1979, 1982), the maximum flow observed in July (respectively 8, 5 and 28), and in 1989 – 30 November, which was due to rains.

Of spring flooding the runoff is formed from snow and rainwater as well as through underground component. So that is a mixed diet. During spring flooding a major role in

feeding waters of the river belongs to melted snow and groundwater. 74 % of the flow belongs to melted snow, 16 % - to groundwater, 10 %- to rainwater.

The annual flow of the river, in many cases due to the duration of the period of spring floods and magnitude of observes the runoff (fig. 3).

For the assessment of maximum flow vulnerability of the river has been used regression model which provides high accuracy for the mountain rivers. First of all there have been established multi-correlation relations between maximum flow, air temperature and precipitation values. Then based on the selected climate change scenarios there have been estimated the vulnerability of the maximum flow.

The anticipated future changes of the maximum flow have been estimated according to three climate change scenarios (tab. 3): 1)  $t + 1.5$ ;  $0.9X$ , 2)  $t + 2.0$ ;  $1.1X$ , 3)  $t + 2.0$ ;  $0.85X$ .

In the Hankavan hydrological point of river Marmarik observed trend growth of annual runoff (1956-2014). The growth trend is also observed in runoff during the flooding season. But during the period of water shortage observed decrease tendency in runoff.

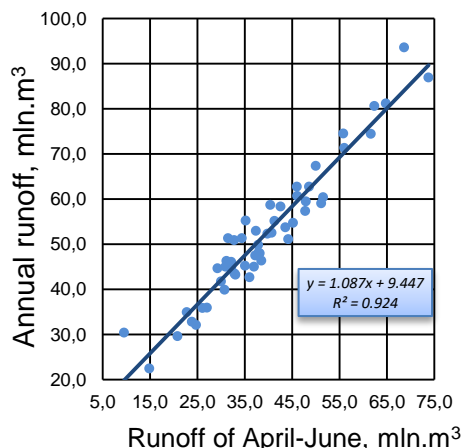


Figure 3. Correlation link between the values of spring flooding and annual runoff in the Hankavan hydrological point of Marmarik river

Table 3. Dynamics change of maximum runoff in the Hankavan hydrological point of Marmarik river according to the regional model PRECIS scenario 2

Equation	Scenarios	Values maximum runoff, m³/sec	Dynamics change of maximum flow	
			m³/sec	%
$Q = 0,02x_{IV} - 1,63t_{IV} + 0,151t_V + 20,7$	Bazis*	30.1	0	0
	$t + 1.5$ ; $0.9X$	12.9	- 17.2	- 57
	$t + 2.0$ ; $1.1X$	12.5	- 17.6	- 58
	$t + 2.0$ ; $0.85X$	12.1	- 18.0	- 60

\*1961-1990,  $Q_{max}$  - maximum flow river,  $t$ -air temperature,  $x$  - atmospheric precipitation

In the studied river basin there is a tendency to reduce the maximum flow (fig. 4).

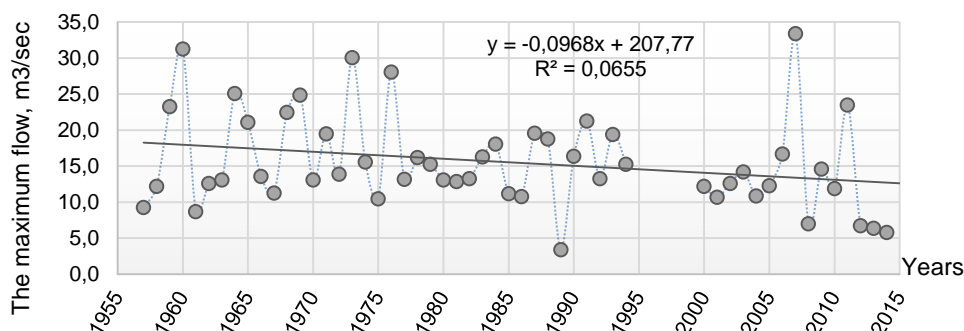


Figure 4. Dynamics change of maximum flow (m³/sec) in the Hankavan hydrological point of Marmarik river

**Conclusion.** Thus, the study has shown that in the studied area the maximum flow values are decreased. This pattern is typical for most rivers in Armenia.

It is clear that different climate change scenarios have given different results of vulnerability of the maximum flow, but they are not so significant. In addition, there is minimal vulnerability according to the 1st scenario and maximum vulnerability according to the 3rd scenario.

In the studied area on the 1st scenario the maximum flow decreased (57 %) compared with the baseline period (1961-1990).

It turns out that when the average value of air temperature increases about 2 °C and precipitation value decreases in 0.15 % the maximum flow of Marmarik river will have the biggest decreased (60 %).

So, in the case of possible change of climate the estimation of vulnerability of water resources and realization of adaptation arrangements have important significance for future development of economy of the republic and for improve of social conditions of population. Productive using and protection of water resources in necessary to realize by systematized and ecosystem approach. At the same time have to be account, that some catchment basins are various ecosystem. Ecosystem studies require concrete approaches and actions, which more correspond to conditions of ecosystems.

### References

1. Complex Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources of Marmarik River Basin of Armenia. Prepared in the frame of the "Enabling Activities for the Preparation of Armenia's Second National Communication to the UNFCCC" UNDP/GEF/00035196 Project. Yerevan, 2009. 16 p. 2. *Margaryan V.G.* (2011). The method of long-term forecasting of vegetation period and annual flow of Marmarik River - Hankavan water measuring point. Modern problems of applied geology and geography. A collection of articles devoted to the 90th anniversary of professor P.S. Boshnaghyan. 18-19 of November, 2010, Yerevan, YSU. pp. 95-103. 3. *Margaryan, V.G.* (2012). Marmarik Rivers Runoff in Global Warming Climate Conditions. Abstracts of the 32th International Geographical Congress "Down to Earth", Cologne, Germany. pp. 42-43. 4. *Margaryan V.G.* (2014) Features of runoff formation and its within-year distribution in Marmarik River. Modern problems of geology, geography and ecology. A collection of scientific papers devoted to the 70th anniversary of docent E.Kh. Kharazyan. 14-16 of November, 2012. Tigran Mets. pp. 226-240. 5. *Margaryan V.G.* (2015) The Assessment of the Most Extreme Values' Changes of Marmarik River's Flow (in HankavanVillige) for Spring Floods on the Context of Global Climate Change. In: Third Space for Hydrology Workshop "Surface Water Storage and Runoff: Modeling, In-Situ data and Remote Sensing". 15-17 September 2015, ESA-ESRIN, Frascati (Rome), Italy, 2015. pp. 41-42. 6. *Margaryan, V.G., Vardanyan, T.G.* (2011) Regularities spatiotemporal distribution of river flows of the spring flood Marmarik River. Scientific notes of the Yerevan State University, № 1, Geology and geography. - Yerevan, Publishing House of Yerevan State University, "Lusabats". pp. 30-39.

### Оцінка і управління проблемою ризику максимального стоку весняного водопілля річки Мармарік

*Маргарян В.Г.*

*Обговорено і проаналізовано максимальний стік річки Мармарік, аналізувалася і оцінювалася динаміка зміни максимального стоку весняного водопілля на основі обраних сценаріїв для оцінки уразливості та ризику.*

*В якості вихідного матеріалу використовувалися багаторічні фактичні спостереження «Служби по гідрометеорології та активного впливу на атмосферні явища» МНС Республіки Вірменія щодо максимального стоку, температури повітря і атмосферних опадів.*

*Річний стік річки Мармарік характеризується яскраво вираженим весняним піком. З березня спостерігається збільшення стоку води, яке досягає максимуму в травні і з червня - зменшення, майже в 2-3 рази, і досягає мінімуму в період з грудня по лютий. Відносно невелика повторне збільшення стоку іноді спостерігається під час осінніх дощів. Під час весняної повені зазвичай спостерігається максимальний стік води річки. Максимальний стік зазвичай формується в кінці*

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 4 (51)

квітня - початку травня, в особливості в першій половині травня.

Вплив зміни клімату відчувається сьогодні в усьому світі. Республіка Вірменія як країна з сухими кліматичними умовами вразлива на всій території країни до зміни клімату. Так, на гідрологічному посту Анкаван на річці Мармарік спостерігається тенденція до зменшення максимального стоку, і в той же час - тенденція зростання річного стоку і стоку весняного водопілля.

В результаті дослідження з'ясувалося, що різні сценарії зміни клімату дали різні результати відхилення від максимального стоку: максимальна вразливість відповідно до третього сценарієм. У досліджуваній області за 3-му сценарієм максимальний стік зменшився (на 60%) у порівнянні з базовим періодом (1961-1990).

**Ключові слова:** максимальний стік, весняне водопілля, ризик, управління, проблеми, річка Мармарік.

## **Оценка и управление проблемой риска максимального стока весеннего половодья реки Мармарик**

**Маргарян В.Г.**

Обсужден и проанализирован максимальный сток реки Мармарик, анализировалась и оценивалась динамика изменения максимального стока весеннего половодья на основе выбранных сценариев для оценки уязвимости и риска.

В качестве исходного материала использовались многолетние фактические наблюдения «Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления» МЧС Республики Армения по максимальному стоку, температуре воздуха и атмосферным осадкам.

Годовой сток реки Мармарик характеризуется ярко выраженным весенним пиком. С марта наблюдается увеличение стока воды, которое достигает максимума в мае и с июня - уменьшение, почти в 2-3 раза, и достигает минимума в период с декабря по февраль. Относительно небольшое повторное увеличение стока иногда наблюдается во время осенних дождей. Во время весеннего половодья обычно наблюдается максимальный сток воды реки. Максимальный сток обычно формируется в конце апреля - начале мая, в особенности в первой половине мая.

Влияние изменения климата ощущается сегодня во всем мире. Республика Армения как страна с сухими климатическими условиями уязвима на всей территории страны к изменению климата. Так, на гидрологическом посту Анкаван на реке Мармарик наблюдается тенденция к уменьшению максимального стока, и в то же время - тенденция роста годового стока и стока весеннего половодья.

В результате исследования выяснилось, что разные сценарии изменения климата дали разные результаты отклонения от максимального стока: максимальная уязвимость в соответствии с третьим сценарием. В исследуемой области по 3-му сценарию максимальный сток уменьшился (на 60%) по сравнению с базовым периодом (1961-1990).

**Ключевые слова:** максимальный сток, весеннее половодье, риск, управление, проблемы, река Мармарик.

## **Assessment and management challenge of maximum river flow of the spring flood risk of Marmarik rivers**

**Margaryan V.G.**

In the work discussed and analyzed the maximum runoff of river Marmarik, analyzed and evaluated the dynamics of change of the maximum runoff, based on the selected scenarios to assess the vulnerability and risk. Daily data of actual observations of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Armenia "Service for Hydrometeorology and active influence on atmospheric phenomena" meteorological stations for the studied area were used as a source material: maximum runoff, air temperature and atmospheric precipitation.

The pool Marmarik annual flow is characterized by a pronounced spring peak. Since March, an increase in water output, which peaks in May and has since June exits the water is almost 2-3 times decreases and reaches a minimum in the period from December to February. The relatively small increase in the second flow rate is sometimes observed during the autumn rains. During spring flooding often goes the maximum water flow of the river. The maximum flow is usually formed in late April – early May, especially in the first half of May.

Influences of climate change are sensed in around the world today. The Republic of Armenia as a country with dry climatic conditions is vulnerable in the whole territory of country to climate change. So, in the Hankavan hydrological point of river Marmarik observed trend growth of annual runoff. The growth trend is also observed in runoff during the flooding season. In the studied river basin there is a tendency to reduce the maximum flow.

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 4 (51)**

*It is clear that different climate change scenarios have given different results of vulnerability of the maximum flow: maximum vulnerability according to the 3rd scenario. In the studied area on the 3rd scenario the maximum flow decreased (60 %) compared with the baseline period (1961-1990).*

**Keyword:** maximum flow, spring flood, risk, management, challenges, Marmarik river.

**Надійшла до редколегії 30.09.2018**

УДК 556.555.2 (477.74)(28)

**Іванова Н. О.**

*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ*

## **ДИНАМІКА РІВНЯ ВОДНОЇ ПОВЕРХНІ САСИКА НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ІСНУВАННЯ ВОДОЙМИ**

**Ключові слова:** лиман-озеро; водосховище Сасик; режим рівнів; амплітуда коливань рівня води.

**Вступ.** Режим рівнів води є одним з найбільш важливих гідрологічних показників водних об'єктів. Річний хід рівня водної поверхні (статичні коливання рівня) відображає сезонні зміни об'єму водних мас, обумовлені динамікою складових водного балансу та регулюванням стоку, а динамічні, або короткострокові, коливання характеризують рух води у водоймі [1].

На водосховищах коливання рівня води обумовлені як природними явищами (наприклад, вітровими згінно-нагінними денівеляціями, перекосом рівня під впливом різності атмосферного тиску в різних частинах водойми, природною зміною стоку річок, що впадають у водойму), так і впливом роботи гідротехнічних споруд.

**Вихідні передумови.** Водосховище Сасик, яке створене на базі однойменного причорноморського лиману-озера, знаходиться поблизу дельти Дунаю (рис.1). Згідно з різними класифікаціями в природному стані Сасик відносився до середніх за площею, полігалінних за солоністю вод [2], закритих з істотним (сезонним) надходженням річкового стоку та з епізодичним зв'язком з морем лиманів [3]. Він є неглибокою водоймою (середня глибина – 1,9-2,0 м при максимальній 3,2-3,3 м) з площею акваторії 208-210 км<sup>2</sup>. Сасик має грушовидну форму, витягнуту з півдня на північ на 35 км з максимальною шириною 11-12 км [2-5].

В природному стані Сасик мав періодичний зв'язок з Жебріянською бухтою Чорного моря через прорви та прорани. Об'єм води у водоймі, в основному, становив 380-430 млн м<sup>3</sup> і залежав від кліматичних факторів, стоку річок Когильник та Сарата і наявності надходження морської води. З 1978 року (після антропогенного перетворення водойми) об'єм води почав контролюватися штучно. На сьогодні сформований більш-менш стабільний режим експлуатації водосховища, об'єм якого контролюється у встановлених межах: РМО складає -1,0 м БС (відповідає об'єму 266 млн м<sup>3</sup>), НПР становить 0,20 м БС (при об'ємі 500 млн м<sup>3</sup>).

Стаціонарні спостереження за режимом рівнів води Сасика почалися в 1940 р. [6], але через воєнні дії швидко зупинилися. Розрізненні дані є лише за 1946-1953 роки. Постійні спостереження на гідрологічному посту в с. Борисівка Дунайською гідрометеорологічною обсерваторією (ДГМО) починаються з 1981 року після створення водосховища.

У науковій літературі питання режиму рівнів Сасика піднімалося в роботах