

МІНЛИВІСТЬ КЛІМАТУ ТА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАКАРПАТТЯ

Виконана оцінка стану водних ресурсів Закарпаття на основі сценаріїв зміни глобального клімату (CCCM, GISS, GFDL), адаптованих для території Словаччини й України.

Теоретичним базисом дослідження є модель «клімат-стік», розроблена в ОДЕКУ.

Ключові слова: зміни клімату, зміни водних ресурсів, сценарії глобального потепління, кліматичний стік.

Вступ. Незважаючи на величезні досягнення науково-технічного прогресу, до нашого часу клімат значною мірою визначає ефективність господарської діяльності людини. У свою чергу ця діяльність в сучасну епоху істотно впливає на природні процеси, зокрема, на ті, що відбуваються в атмосфері.

Починаючи з 80-х років ХХ століття, спостерігається зростання глобальної температури Землі, яке приводить до змін регіонального температурного режиму, а отже, – до зміни водних ресурсів [8]. У свою чергу, можлива зміна водних ресурсів зумовлює стратегії соціального та економічного розвитку держави. Прогноз стану водних ресурсів країни за сценаріями глобального потепління є надзвичайно важливою задачею гідрометеорології.

З 1997 р. Україна є Стороною Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату, а з 2004р. – Стороною Кіотського протоколу, в яких визначається система заходів, спрямованих на стабілізацію концентрації парникових газів з метою уникнення антропогенного впливу на кліматичну систему.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2005 р. № 346-р був затверджений Національний план заходів щодо реалізації положень Кіотського протоколу та Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату, а указом Президента України від 12.09.2005 р. № 1239 Міністерство охорони навколишнього середовища України було визначене координатором діяльності, пов'язаної з виконанням зобов'язань, передбачених цією конвенцією.

Мета дослідження – установити зміни характеристик клімату і стоку річок Закарпаття і дати оцінку можливих змін водних ресурсів за сценаріями глобального потепління на основі моделі «клімат-стік» [2,3,6].

Робота виконана у рамках науково-дослідної роботи кафедри гідроекології та водних досліджень «Оцінка та передбачення наслідків антропогенного впливу на водні ресурси річок України» (№ держреєстрації 0108U005027).

Матеріали і методи. Для складання кліматичної характеристики Закарпаття розглядалися матеріали спостережень на метеорологічній станції Ужгород (період спостережень з 1947 р. по 2009 р.), для складання гідрологічної характеристики – матеріали гідрологічної станції р. Уж – м. Ужгород (період спостережень з 1953 р. по 2005 р.) [5]. Середня багаторічна величина опадів \bar{X} становить 730 мм, відносна середня квадратична похибка $\varepsilon_{\bar{X}}$ дорівнює 2,3%; норма температури повітря – $\bar{T}=9,8$ °С, $\varepsilon_{\bar{T}}=0,9\%$; норма річного модуля стоку – $\bar{q}_p=14,8$ л/(с·км²), $\varepsilon_{\bar{q}_p}=3,8\%$; норма максимального модуля стоку – $\bar{q}_{\max}=333$ л/(с·км²), $\varepsilon_{\bar{q}_{\max}}=7,3\%$; норма мінімального модуля стоку – $\bar{q}_{\min}=2,6$ л/(с·км²), $\varepsilon_{\bar{q}_{\min}}=7,3\%$.

Для розрахунку характеристик стоку річок Закарпаття в умовах глобального потепління використовувалися сценарії змін клімату, розроблені провідними центрами ВМО та адаптовані до території Закарпаття українськими [1] та словацькими [9] вченими.

Розрахунок кліматичного стоку виконувався за даними метеорологічних станцій Великий Березний, Ужгород, Чоп, Берегово з урахуванням поправок до середньомісячних температур і опадів, які наведені в регіональних сценаріях зміни клімату ВМО, адаптованих до території Словаччини та України [1,9].

Основою моделі «клімат-стік» є рівняння водно-теплого балансу у модифікації В.С. Мезенцева (1969 р.). Цей метод був реалізований для території України в ОДЕКУ проф. Гопченком Є.Д. та проф. Лободою Н.С. [2,3,6].

Модель «клімат-стік» відкриває можливості для прогнозу зміни водних ресурсів при зміні кліматичних умов формування стоку, в тому числі й за рахунок глобального потепління. Оцінка норм річного кліматичного стоку була здійснена на базі даних до 1980 р., коли зміни водних ресурсів в результаті глобального потепління не були ще суттєвими [6]. Отримані величини норм кліматичного стоку характеризують початковий стан водних ресурсів.

При заданих змінах кліматичних факторів (опадів та температур повітря) рівняння водно-теплого балансу дозволяє оцінити водні ресурси в нових кліматичних умовах. При цьому розрахунок норм кліматичного стоку можна проводити за рівнянням [3]

$$\bar{Y}'_k = (\bar{X} \pm \Delta\bar{X}) - \bar{E}'_m \left[1 + \left(\frac{\bar{X} \pm \Delta\bar{X}}{\bar{E}'_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}},$$

де \bar{Y}'_k - середня багаторічна величина (норма) кліматичного річного стоку в умовах зміни регіонального клімату, мм; \bar{E}'_m - середня багаторічна величина (норма) максимально можливого випаровування в умовах зміни регіонального клімату, мм, яка залежить від зміни температур ΔT [10]; \bar{X} - вихідна норма річних опадів, мм; $\Delta\bar{X}$ - зміна норм річних опадів, мм.

На вході в модель використані прогнози ВМО за такими сценаріями:

GISS - модель Інституту Годдарда по космічних дослідженнях, чутливість до подвоєння CO_2 - $4,2^\circ C$, рік розрахунків – 1982;

GFDL - модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США, чутливість до подвоєння CO_2 - $4^\circ C$, рік розрахунків – 1989;

CCSM - модель Канадського кліматичного центру, чутливість до подвоєння CO_2 - $3,5^\circ C$, рік розрахунків – 1989.

Ці сценарії були адаптовані до території Закарпаття українськими та словацькими вченими [1,9].

Результати досліджень.

Аналіз даних спостережень на метеостанції Ужгород (1947-2009 рр.) показав існування слабо виражених тенденцій до збільшення річних сум опадів (рис. 1), а також сум опадів теплого і холодного періодів. Оскільки найбільший з коефіцієнтів кореляції, які характеризують тренд опадів у часі, склав 0,173, можна говорити про відсутність статистично значущих трендів в ході опадів.

Зміна температури повітря за річний період (рис. 2), а також за теплий та холодний періоди, є значущою.

Отримані результати співпадають з даними В.В. Гребеня [4]. Згідно з ландшафтно-гідрологічним районуванням, виконаним В.В. Гребенем, Закарпаття відноситься до

Тисо-Латорицької ландшафтної гідрологічної провінції. Середня річна температура повітря у Тисо-Латорицькій провінції при порівнянні сучасного (1989-2008 рр.) та попереднього (до 1989 р.) періодів зросла на 0,6 °С. Зміни температури у зимовий сезон також становлять 0,6 °С. Річні опади практично не змінилися, кількість опадів осіннього сезону зросла в 1,29 разу. У коливаннях річних величин стоку статистично

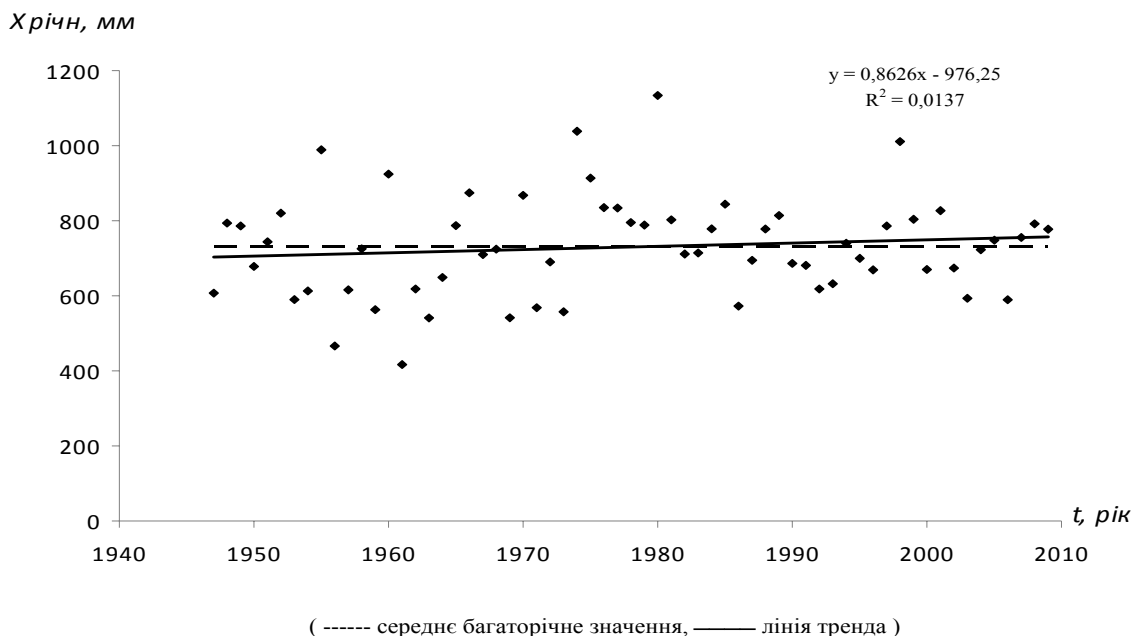


Рис.1 – Хронологічний хід річних сум опадів, м. Ужгород.

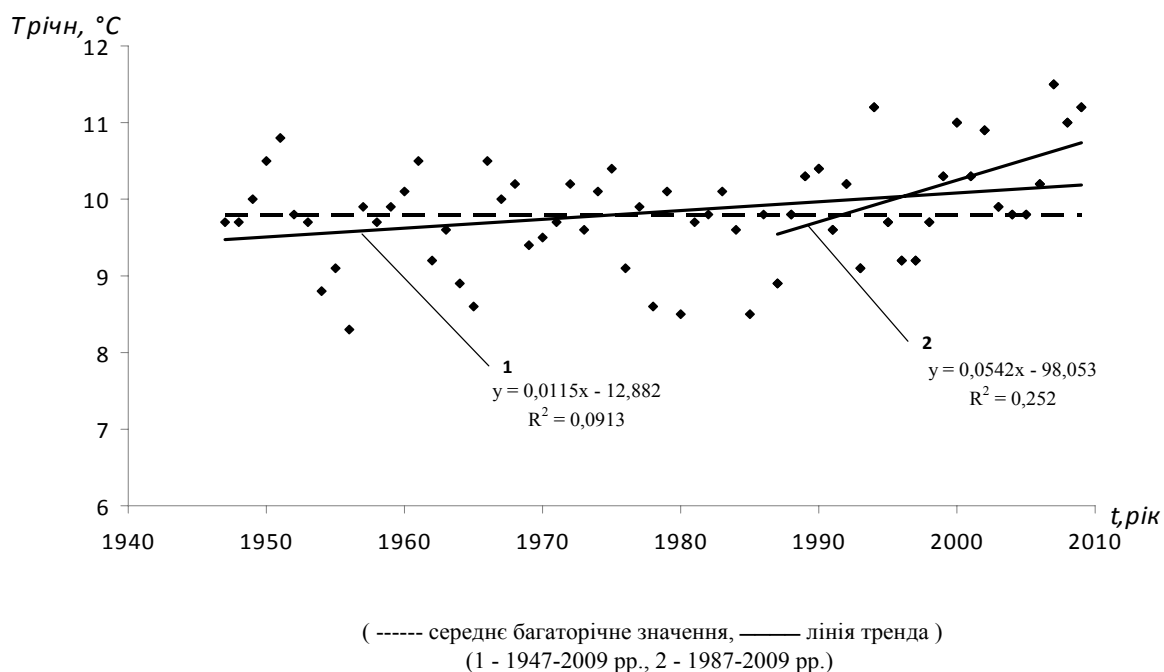


Рис. 2 – Хронологічний хід річної температури повітря, – м. Ужгород.

значущого тренда не встановлено. За період 1989-2008 рр. у порівнянні з попереднім періодом величини максимальних витрат води весняного водопілля зменшилися в 0,79 разу (за даними В.В. Гребеня). Повторюваність дощових максимумів зросла з 27% до 49%. Максимальні витрати паводків зменшилися в 0,97 разу. Мінімальні

середньомісячні витрати літньо-осінньої межені зросли в 1,01 разу, мінімальні річні витрати – в 1,36 раз. Лімітуючий сезон змістився на літні місяці. Лімітуючим місяцем замість вересня став серпень. Таким чином, отримані В.В. Гребенем дані свідчать про зростання стоку у літньо-осінню межень і зменшення стоку весняного водопілля.

Аналіз коливань характеристик річного, максимального та мінімального стоку, виконаний нами для р. Уж – м. Ужгород (період спостережень 1953 – 2005 рр.), показав, що максимальний і річний стік тривалий час знаходяться в маловодній фазі, а мінімальний стік – в багатоводній. Перехід в маловодну фазу для максимального стоку почався ще в кінці 60-х років ХХ століття, для річного стоку – з середини 80-х років (рис. 3).

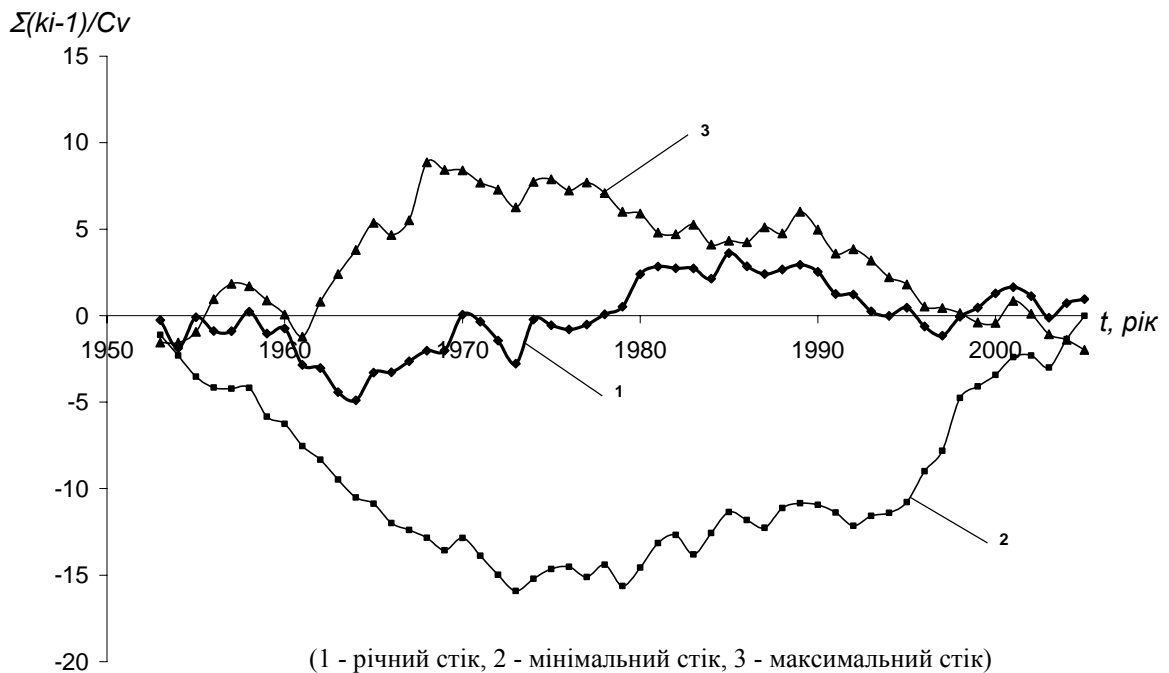


Рис.3 – Різницево-інтегральні криві характеристик стоку, р.Уж – м. Ужгород.

Колівання мінімального стоку (рис.3) знаходяться в протифазі з максимальним. Перехід коливань мінімального стоку в багатоводний період почався з 1974 р. Найбільш інтенсивним приріст різницевої інтегральної кривої мінімального стоку стає з 1992 р. Таким чином, сплеск водності, який спостерігався з 1997 по 2001 рр., пов'язаний із збільшенням меженного стоку в останні десятиріччя.

Аналіз динаміки водності по п'ятирічках (табл.1) дозволив установити, що найбільші величини мінімального стоку q_{min} спостерігалися у 1996-2000 рр., а найбільші величини максимального стоку q_{max} – у 1961-1965 рр., що підтверджує описані вище особливості змін стоку в останні десятиріччя.

Дослідження зв'язків характеристик стоку з індексами ПАК (Північно-Атлантичного коливання), яке саме на початку 80-х років увійшло до позитивної фази, виявило наявність тісних зв'язків між величинами максимального стоку Q_m та індексами ПАК зимового сезону $I_{зим}$ (табл. 2).

Це означає, що атмосферні процеси зимового сезону впливають на характер весняного водопілля. Насамперед, Північно-Атлантичне коливання визначає температурний режим західної України [5], особливо в зимовий та весняний сезони, зумовлюючи режим накопичення снігозапасів та інтенсивність танення у період

весняного водопілля. Таким чином, виявлений на деяких водозборах тісний зв'язок між Q_m та $I_{зим}$ є цілком природним.

Таблиця 1 – Зміна характеристик водності за багаторічний період в створі р. Уж – м. Ужгород

Період осереднення	Характеристики стоку, осереднені по різних періодах багаторічних спостережень			
	q_p , л/(с·км ²)	Y_{max} , мм	q_{max} , л/(с·км ²)	q_{min} , л/(с·км ²)
1956-1960	14,3	27	187	0,95
1961-1965	12,7	27	264	0,68
1966-1970	17,6	31	224	1,05
1971-1975	14,3	39	160	1,08
1976-1980	17,2	47	133	1,34
1981-1985	15,8	36	141	1,78
1986-1990	13,9	37	180	1,39
1991-1995	13,1	27	112	1,35
1996-2000	15,5	30	129	2,37
2001-2005	14,5	-	141	1,81

Таблиця 2 - Значення коефіцієнтів кореляції R в залежностях $Q_m=f(I)$, р. Уж – м. Ужгород, 1980-2000 рр.

№ п/п	Річка-пост	F , км ²	R					
			n	$Q_m=f(I_{річч})$	$Q_m=f(I_{зим})$	N	$Q_m \text{ вес}=f(I_{річч})$	$Q_m \text{ вес}=f(I_{зим})$
1	р. Уж - м. Ужгород	1970	20	0,273	0,047	20	0,125	0,213
2	р. Уж - м. Жорнава	286	20	0,258	0,01	5	0,042	0,520
3	р. Уж - м. Заречево	1280	20	0,129	0,063	8	0,071	0,079
4	р. Тур'я - с. Симер	464	20	0,081	0,108	10	0,245	0,576
5	р. Латориця-с.Підполоззя	324	20	0,074	0,252	5	0	0,251
6	р. Латориця - с. Свалява	680	20	0,017	0,108	5	0,285	0,249
7	р. Латориця - м.Мукачево	1360	20	0,074	0,142	6	0,126	0,654
8	р. Латориця - м. Чоп	2870	20	0,180	0,064	7	0,448	0,690
9	р. Стара - с. Зняцево	224	20	0,140	0,105	10	0,223	0,089

Установлені зміни характеристик стоку у різні фази його формування підкреслюють необхідність дослідження подальших змін водних ресурсів під впливом глобального потепління

Результати розрахунків стоку річок Закарпатської низовини в умовах глобального потепління на основі регіональних сценаріїв клімату ВМО, адаптованих для території Словаччини та України, наведені в табл. 3, 4.

Результати розрахунків, отримані для території Закарпаття по адаптованих для Словаччини і України прогнозних сценарних даних, показали, в основному, їх відповідність. Виняток становив сценарій GISS, згідно якого в роботах українських вчених збільшення опадів при подвоєнні концентрації CO₂ відбудеться в 1,06 разу, а за даними словацьких вчених – в 1,14 разу. Отже, водні ресурси за даними українських вчених зменшаться на 25-31%, а за даними словацьких вчених – на 1-6%.

Таблиця 3 - Зміна норм стоку річок Закарпатської низовини в умовах глобального потепління на основі регіональних сценаріїв клімату ВМО, адаптованих для території Словаччини

Метео-станція	Сценарій	$H, \text{ м}$	$\sum_V^IX t', \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T, \text{ }^\circ\text{C}$	$E_m', \text{ мм}$	k	$\bar{X}', \text{ мм}$	$\bar{Y}_k', \text{ мм}$	$\Delta Y, \%$
Великий Березний	Початковий стан	208	68,3	0	601	1	932	380	0
	CCSM	208	68,3	16	814	1,05	979	280	-26
	GISS	208	68,3	14,2	790	1,14	1063	357	-6
	GFDL	208	68,3	22,2	897	1,13	1053	288	-24
Ужгород	Початковий стан	115	77,5	0	724	1	892	261	0
	CCSM	115	77,5	16	937	1,05	937	193	-26
	GISS	115	77,5	14,2	916	1,14	1017	250	-4
	GFDL	115	77,5	22,2	1019	1,13	1008	202	-23
Чоп	Початковий стан	108	87,6	0	858	1	738	109	0
	CCSM	108	87,6	16	1067	1,05	775	73,9	-32
	GISS	108	87,6	14,2	1043	1,14	841	108	-1
	GFDL	108	87,6	22,2	1149	1,13	834	82,0	-24
Берегово	Початковий стан	112	92,1	0	918	1	735	96,0	0
	CCSM	112	92,1	16	1131	1,05	772	64,5	-32
	GISS	112	92,1	14,2	1107	1,14	838	91,9	-4
	GFDL	112	92,1	22,2	1213	1,13	831	69,7	-27

Таблиця 4 - Зміна норм стоку річок Закарпатської низовини на основі сценаріїв ВМО, адаптованих до території України

Метео-станція	Сценарій	$H, \text{ м}$	$\sum_V^IX t', \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T, \text{ }^\circ\text{C}$	$E_m', \text{ мм}$	k	$\bar{X}', \text{ мм}$	$\bar{Y}_k', \text{ мм}$	$\Delta Y, \%$
Великий Березний	Початковий стан	208	68,3	0	601	1	932	380	0
	CCSM	208	68,3	16,4	820	1,06	988	282	-26
	GISS	208	68,3	16,4	820	1,06	988	282	-26
	GFDL	208	68,3	20,2	870	1,13	1053	302	-21
Ужгород	Початковий стан	115	77,5	0	724	1	892	261	0
	CCSM	115	77,5	16,4	942	1,06	946	195	-25
	GISS	115	77,5	16,4	942	1,06	946	195	-25
	GFDL	115	77,5	20,2	992	1,13	1008	213	-18
Чоп	Початковий стан	108	87,6	0	858	1	738	109	0
	CCSM	108	87,6	16,4	1076	1,06	782	77,3	-29
	GISS	108	87,6	16,4	1076	1,06	782	77,3	-29
	GFDL	108	87,6	20,2	1127	1,13	834	86,3	-21
Берегово	Початковий стан	112	92,1	0	918	1	735	96,0	0
	CCSM	112	92,1	16,4	1136	1,06	779	66,0	-31
	GISS	112	92,1	16,4	1136	1,06	779	66,0	-31
	GFDL	112	92,1	20,2	1186	1,13	831	74,6	-22

За сценарієм CCCM, в якому вплив збільшення норм максимально можливого випаровування перевищує вплив збільшення норм річних опадів, водні ресурси Закарпаття зменшаться на 26-32%.

Відповідно до сценарію GFDL вплив підвищення температури перевищує вплив збільшення опадів, а водні ресурси зменшаться на 18-27%.

Слід зазначити, що розробки словацьких науковців детальніше відображають передбачувані зміни клімату в Закарпатті, тоді як українськими вченими розробки виконувалися по фізико-географічних зонах без урахування особливостей кліматичних умов Закарпаття.

Висновки та перспективи використання. На теперішній час прояв впливу кліматичних змін на річний стік річок Закарпаття не є суттєвим. Однак відзначимо зменшення максимального та зростання мінімального стоку річок. Згідно із сценаріями глобального потепління очікується зменшення водних ресурсів Закарпаття на 25-30%.

За моделлю «клімат-стік» передбачається виконати розрахунок кліматичного стоку за період 2011-2025 рр. за сценаріями A1, B1, A1B.

Список літератури

1. Васильченко В.В., Ратун М.В., Трофімова І.В. Україна та глобальний парниковий ефект. Книга
2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. – Київ, 1998.– 210 с.
2. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – Киев: КНТ, 2005. – 188 с.
3. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // Гидробиологический журнал. - 2000. - Т.36, №3. - С. 67 - 78.
4. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) – К.: Ніка-Центр, 2010 – 316 с.
5. Кирилюк М.І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2001. – 246 с.
6. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
7. Лобода Н.С., Коробчинська А.О. Оцінка впливу мінливості Північно-Атлантичного та Скандинавського коливань на гідрометеорологічні характеристики України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. - Т.18. – С. 84-91.
8. IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat
9. Hlavcova K., Szolgay J., Cunderlik J., Parajka J., Lapin M. Impact of climate change of hydrological regime of rivers in Slovakia // Publication of the Slovak Committee for Hydrology 3.– Bratislava.– 1999. – P.10-27.
10. Loboda N.S. The assessment of present and future Ukrainian water resources on meteorological evidence // Climat and Water.-1998.-Vol.1.-P.1486-1494.

Изменчивость климата и водных ресурсов Закарпатья. Лобода Н.С., Божок Ю.В.

Выполнена оценка состояния водных ресурсов Закарпатья на основе сценариев изменения глобального климата (CCCM, GISS, GFDL), адаптированных для территории Словакии и Украины.

Теоретическим базисом исследования является модель «климат-сток», разработанная в ОГЭКУ.

Ключевые слова: изменения климата, изменения водных ресурсов, сценарии глобального потепления, климатический сток.

Changeability of climate and water resources of Transcarpathia. Loboda N., Bozhok Y.

The estimation of the water resources state of Transcarpathia was executed on the basis of global climate changes scenarios (CCCM, GISS, GFDL), adapted for territory of Slovakia and Ukraine.

The theoretical base of research is a model «climate-flow», developed in OSIU.

Keywords: changes of climate, change of water resources, scenarios of global temperature rise, climatic flow.