

http://doi.org/10.17721/1728-2721.2018.70.4
УДК 556.06

В. Гребінь, д-р геогр. наук, проф.,
К. Мудра, асп.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ВИКОРИСТАННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ КЛІМАТУ (REMO) ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ КОЛИВАНЬ СТОКУ ВОДИ В БАСЕЙНІ ДНІСТРА

Здійснено перевірку чисельної кліматичної моделі REMO, наведено результати її перевірки для території досліджуваного басейну Дністра. Виявлено закономірності відхилень в отриманих результатах прогнозування. Для зменшення відхилень прогнозованих значень запропоновано використання перехідного коефіцієнта, застосування якого дозволяє зменшити відсоток відхилень майже вдвічі. Підтверджено достовірність передбачуваних тенденцій коливання стоку та можливість застосування даної кліматичної моделі для прогнозування стоку води в річках у басейні Дністра.

Ключові слова: модель клімату, стік, верифікація

Вступна частина. У зв'язку із прогнозними змінами клімату постає питання, як зміняться водні ресурси в майбутньому – їхня кількість і якість. Рівень забезпеченості України водними ресурсами є недостатнім і визначається формуванням річкового стоку та наявністю ресурсів підземних вод. Тому передбачити кількість води, яка буде доступною Україні в майбутньому, дуже важливо для нинішніх дослідників. Одна з головних проблем – оцінити можливі зміни гідрологічного режиму річок у вразливих паводкобезпечних регіонах унаслідок змін клімату [8].

У досліджуваному нами басейні Дністра, що характеризується формуванням дощових паводків, які завдають руйнівних наслідків економіці двох країн – України та Молдови, до пріоритетних належать проблеми змін водного режиму, деградації сільськогосподарських земель, а також наслідки впливу змін клімату для водопостачання населення. Для басейну Дністра ймовірна зміна об'єму і сезонного розподілу стоку – один із критичних наслідків зміни клімату. Уже сьогодні повені в басейні завдають значних збитків господарству і населенню. Комплекс протипаводкового захисту, якій нині існує, лише частково виконує свої функції. Подальші кліматичні зміни ймовірно призведуть до зростання інтенсивності та нерівномірності опадів – особливо сильних дощів – і пов'язаних із ними підвищень рівня води у річці Дністр та її притоках [7].

Аналіз попередніх досліджень. Питання впливу змін клімату досліджувалося багатьма вченими в усьому світі. На сьогоднішній день існує низка досліджень, які підтверджують достовірність твердження про те, що зміни клімату впливають на характеристики гідрологічного режиму, водний баланс, водні ресурси та стік окремих річок чи країн. Значного поширення у світі набув метод дослідження змін стоку в умовах змін клімату, заснований на використанні глобальних і регіональних проєкцій моделей загальної циркуляції атмосфери та океану [2]. Серед українських дослідників питаннями прогнозування майбутніх значень річкового стоку займалися Горбачова Л. О., Сніжко С. І., Краковська С. В., Букша І. Ф., Гожик П. Ф., Ємельянова Ж. Л., Трофимова І. В., Шерешевський А. І., Гопченко Є. Д., Лобода Н. С. та ін. Результати, отримані різними вченими в різні часи, не повністю задовольняють потреби господарства країни при розрахунках майбутніх об'ємів водних ресурсів. Удосконалення минулих і створення нових методик і підходів до прогнозування змін стоку залишається актуальною проблемою сьогодення.

Мета роботи. Основним завданням даного дослідження є верифікація (тестування) результатів чисельного моделювання REMO щодо кількісних показників стоку на території України (у межах річкового басейну Дністра). Тестування проводилося через порівняння

результатів моделі з даними мережі пунктів спостережень за стоком води за відповідний період.

Методика досліджень. Моделювання стоку на сьогоднішній день є незамінним інструментом сучасної гідрології для прогнозу майбутніх змін гідрологічного режиму. Для підтвердження достовірності прогнозованих значень річкового стоку необхідно здійснити верифікацію обраної моделі. Від верифікації моделей залежить достовірність можливих майбутніх змін як клімату, так і водного стоку [4]. Фактичними даними, які використовувалися для верифікації моделі, були значення середньорічних витрат води за даними мережі гідрометричних спостережень у басейні. Для їх порівняння з даними моделі середньомісячні витрати води було переведено в значення модулів стоку за формулою

$$M = \frac{Q \times 1000}{F},$$

де Q – витрата води, м³/с; а F – площа водозбору, км².

Для верифікації моделі для території басейну Дністра було використано щомісячні результати її розрахунку за 30 років, з 1970 до 2000 включно, обрано частину цілої моделі, яка включає повністю територію басейну Дністра. Усього для порівняння було використано 11136 середньомісячних і 917 середньорічних значень витрат води, переведених у модулі стоку.

Виходячи з досвіду попередніх дослідників [5], методика верифікації чисельної моделі як клімату, так і стоку для конкретної території (у нашому випадку для конкретного річкового басейну) полягає в такому:

- проводиться аналіз середніх багаторічних значень місячних і річних витрат води;
- вивчається просторовий розподіл зазначеної характеристики, визначаються проблемні (з погляду формування гідрологічного режиму) ділянки;
- аналізується місячний, а далі річний хід витрат води по кожному гідрологічному посту.

Майбутні зміни водного стоку річок басейну Дністра оцінено за даними регіональної кліматичної моделі REMO/ESM5 для сценарію A1B. Регіональну модель (REMO) було розроблено в Інституті метеорології Макса Планка (м. Гамбург) [5]. REMO об'єднує колишню чисельну модель прогнозу погоди EUROPA-MODELL для розрахунків термодинамічних характеристик і блоку глобальної кліматичної моделі ESM5, у якому розраховуються процеси хмаро- та опадоутворення, проходження потоків сонячної радіації в атмосфері, вплив підстильної поверхні на теплові потоки з урахуванням альbedo й типу поверхні.

Оскільки поверхневий стік є комплексним параметром, що залежить від низки факторів, то в моделі REMO він параметризований як результат взаємодії

кількості опадів, підстильної поверхні, від типу якої залежить інфільтрація, і приземної температури, з якою пов'язане випаровування.

Середній багаторічний стік змінюється по території басейну Дністра в значних межах. У карпатській частині басейну в середньому щорічно випадає 800–1000 мм опадів на рік, тому стік у цій ділянці більш або менш рівномірно розподілений протягом року, відповідно до режиму випадання опадів. У рівнинній лівобережній частині басейну, де опадів випадає в середньому до 600–750 мм на рік, основна частина стоку проходить у весняний період, у зв'язку з таненням снігових запасів. У південній Причорноморській частині басейну Дністра більшість річок характеризуються періодичним стоком, який спостерігається під час сніготанення та випадання інтенсивних дощів. Неоднорідність характеристик стоку добре простежується за даними просторового розподілу модуля стоку річок басейну, який змінюється від 14,9 до 32,7 л/с·км² у гірській частині Дністра та від 7,46 до 11,3 л/с·км² – у Передкарпатті.

На ріках західної частини лівобережжя Дністра середні багатолітні модулі річного стоку змінюються від 3,52 до 5,33 л/с·км²; у нижній течії цих річок вони знижуються і коливаються від 3,42 до 4,70 л/с·км². У південній рівнинній частині басейну Дністра середні річні модулі стоку знижуються більш різко і становлять від

0,73 до 1,01 л/с·км² [3]. Значний вплив на природний стік досліджуваної території, особливо в її середній і нижній частинах, справляє господарська діяльність, виражена в перерозподілі стоку протягом року внаслідок зарегульованості його численними водосховищами та ставками, як великими, так і малими [1]. За умовами живлення і відповідно до орографічних і кліматичних особливостей розрізняють три основні групи річок у басейні Дністра: гірські, що характеризуються проходженням паводків протягом цілого року; річки Подільської височини з високим весняним водопіллям і літніми дощовими паводками; рівнинні степові річки, які характеризуються високою хвилею весняного водопілля та незначним стоком в інші частини року; нерідко річки тут пересихають [6].

Для дослідження було використано дані спостережень на 17 річках-притоках Дністра (19 гідрологічних постів) і самому Дністрі (9 гідрологічних постів). Обрана мережа гідрологічних постів повністю покриває басейн Дністра та добре характеризує умови формування водного стоку річок на всій території басейну.

Виклад основного матеріалу. У табл. 1 наведено порівняння осереднених за період досліджень (1971–2000 рр.) значень модуля стоку води окремо для кожного досліджуваного гідрологічного поста, а також відсоткове відхилення значень двох наборів даних.

Таблиця 1. Модуль стоку (л/с·км²) річок басейну Дністра (осереднений за 1971–2000 рр.)

№	Річка	Гідрологічний пост	Середньорічне значення модуля стоку, л/с·км ²		Середнє відхилення значень за весь період досліджень, %
			мережа гідрологічних постів	модель REMO	
1	Дністер	с. Стрільки	13,51	11,77	14,9
2		смт Розділ	8,17	6,78	20,4
3		м. Галич	11,42	10,12	13,9
4		м. Заліщики	9,46	8,17	14,3
5		м. Могилів-Подільський	6,70	5,82	16,5
6		с. Грушка	6,29	5,42	16,5
7		Дубосарська ГЕС	5,56	5,33	16,1
8		м. Бендери	4,72	4,45	5,8
9	Стрв'яз	с. Луки	9,74	8,88	15,4
10	Завадка	с. Риків	23,60	21,60	8,7
11	Опір	м. Сколе	19,23	17,15	12,0
12	Свіча	х. Мислівка	27,76	24,70	12,0
13	Свіж	смт Букачівці	5,67	5,14	19,7
14	Лімниця	с. Осмолода	35,41	32,35	8,7
15	Б. Надвірнянська	с. Пасічна	22,33	20,51	9,0
16	Золота Липа	с. Задарів	12,15	10,41	18,0
17	Золота Липа	м. Бережани	5,26	4,57	23,0
18	Коропець	смт Коропець	5,51	4,74	20,9
19	Стрипа	х. Каплинці	4,22	3,62	21,5
20	Серет	смт В. Березовиця	5,50	5,12	18,6
21	Серет	м. Чортків	4,04	3,60	16,4
22	Нічлава	с. Стрільківці	3,01	2,60	22,6
23	Збруч	м. Волочиськ	3,95	3,58	27,5
24	Збруч	с. Завалля	3,32	2,96	18,5
25	Смотрич	с. Купин	3,26	2,82	17,9
26	Студениця	с. Голозубинці	3,16	2,85	22,3
27	Ушиця	с. Тимків	3,06	2,69	23,1
28	Калюс	смт Нова Ушиця	3,14	2,82	20,0

На рис. 1 наведено приклад результатів моделювання величини водного стоку для деяких гідрологічних постів басейну.



Рис. 1. Середні багаторічні гідрографи водного стоку, отримані за даними спостережень і результатів моделювання REMO за період 1971–2000 рр.

Аналіз рис. 1 свідчить, що в більшості випадків середньорічне значення модуля стоку, узятє за моделлю REMO, є нижчим порівняно з даними стаціонарних гідрометричних спостережень.

Середньорічний модуль стоку в басейні Дністра, осереднений по всьому басейну, становить, за даними гідрометричної мережі, $9,25 л/с-км^2$, за моделлю REMO – $8,27 л/с-км^2$. Осереднені по басейну розраховані дані за моделлю REMO занижено порівняно з даними спостережень на гідрологічних постах на $0,98 л/с-км^2$, що становить приблизно 11 %.

У процесі перевірки достовірності отриманих модельних значень модуля стоку нами було запропоно-

вано використовувати поправочний коефіцієнт, який показує, у скільки разів треба зменшити чи збільшити змодельоване щомісячне значення стоку для гідрологічних постів у басейні Дністра. Це потрібно робити для того, щоб змодельоване значення більше відповідало значенню модуля стоку, отриманому при безпосередньому вимірюванні на гідрологічному посту. У табл. 2 наведено розраховані коефіцієнти, які потрібно застосовувати для кожного гідрологічного поста окремо для кожного місяця та загалом для всього року. Значення коефіцієнтів було розраховано на основі відхилень змодельованих значень для кожного місяця за період 1971–2000 рр.

Таблиця 2. Розраховані значення місячних і річних поправочних коефіцієнтів для гідрологічних постів у басейні Дністра

	Річка	Пост	значення коефіцієнта												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	РІК
1	Дністер	с. Стрілки	1,096	1,473	1,567	1,227	1,081	1,034	1,174	1,210	0,912	1,146	1,086	1,340	1,196
2		смт Розділ	1,144	1,266	1,962	1,647	0,876	1,424	0,979	1,165	1,453	1,457	1,049	1,305	1,311
3		м. Галич	0,859	1,155	1,519	1,098	1,115	1,229	0,903	1,158	0,954	1,052	1,254	1,121	1,118
4		м. Заліщики	0,914	1,268	1,144	1,208	1,456	0,995	1,376	1,125	1,133	0,933	1,032	1,626	1,184
5		м. Могилів-Подільський	1,157	1,457	1,199	1,623	1,233	1,066	0,938	1,062	1,823	0,931	1,070	1,220	1,232
6		с. Грушка	1,218	1,211	0,747	1,471	1,378	1,193	1,083	1,304	1,514	0,904	1,418	1,168	1,217
7		Дубосарська ГЕС	0,940	1,116	1,353	1,293	1,369	1,167	0,855	1,382	1,405	0,813	1,171	1,381	1,187
8		м. Бендери	1,219	0,612	2,735	1,692	1,512	1,311	1,360	1,083	2,001	1,491	1,024	0,720	1,397
9	Стрвяж	с. Луки	1,215	1,270	0,770	0,883	1,104	1,408	1,102	1,055	0,904	0,949	1,096	1,131	1,074
10	Завадка	с. Риків	1,062	1,110	1,021	1,044	1,153	1,112	1,048	1,047	1,183	1,099	1,073	1,160	1,093
11	Опір	м. Сколе	1,174	1,180	1,149	1,309	1,246	1,100	1,056	1,236	1,055	1,240	1,118	1,178	1,170
12	Свіча	х. Мислівка	1,154	1,213	1,155	1,181	1,087	1,040	1,118	0,980	1,222	1,038	1,067	1,166	1,118
13	Свіж	смт Букачівці	0,987	1,075	2,580	1,819	0,866	0,747	0,886	1,194	1,608	0,931	1,169	1,612	1,290
14	Лімниця	с. Осмолода	1,056	1,098	1,147	1,288	1,083	1,086	1,033	1,021	1,138	1,023	1,126	1,152	1,104
15	Б. Надвірнянська	с. Пасічна	1,075	1,107	1,108	1,080	1,125	1,220	1,115	0,980	1,066	0,952	1,110	1,257	1,100
16	Золота Липа	с. Задарів	1,174	1,135	1,241	1,716	1,040	1,190	0,906	1,126	1,453	1,119	1,260	1,163	1,210
17	Золота Липа	м. Бережани	1,081	0,718	1,472	1,394	1,043	1,667	0,929	1,056	2,341	0,724	1,517	1,533	1,290
18	Коропець	смт Коропець	1,276	1,615	1,075	1,875	1,353	1,675	0,945	1,086	1,690	1,798	1,188	1,404	1,415
19	Стрипа	х. Каплиці	1,237	2,418	1,524	1,159	1,578	0,837	0,965	1,173	1,206	0,779	1,313	1,352	1,295
20	Серет	смт В. Березовиця	1,550	1,670	1,741	1,233	1,123	0,904	0,954	0,925	1,146	0,944	1,179	1,106	1,206
21	Серет	м. Чортків	1,145	1,455	1,062	1,314	1,122	1,172	1,177	1,196	0,975	0,908	1,123	1,445	1,175
22	Нічлава	с. Стрілківці	1,138	1,141	1,331	1,572	1,133	0,776	1,117	1,132	2,090	0,739	1,072	1,806	1,254
23	Збруч	м. Волочиськ	1,088	0,675	1,228	1,388	0,963	1,497	1,092	1,384	2,061	0,766	1,168	0,718	1,169
24	Збруч	с. Завалля	1,438	1,074	1,166	1,024	0,939	1,202	1,148	1,114	1,173	0,712	1,163	1,489	1,137
25	Смотрич	с. Купин	1,585	1,231	1,668	1,216	1,018	0,939	1,108	1,043	1,502	1,546	1,103	0,844	1,234
26	Студениця	с. Голозубинці	1,513	1,311	0,798	0,890	0,775	0,709	1,080	2,145	1,677	1,266	1,334	1,261	1,230
27	Ушиця	с. Тимків	1,180	1,599	1,076	1,172	0,922	1,098	1,158	2,201	1,989	0,813	1,553	0,707	1,289
28	Калюс	смт Нова Ушиця	0,800	1,066	0,892	1,184	0,910	1,150	1,276	1,083	3,106	0,721	1,132	0,834	1,180
Середнє значення коефіцієнта по басейну			1,147	1,218	1,322	1,318	1,104	1,148	1,054	1,205	1,463	1,034	1,166	1,204	1,199

Для перевірки ефективності використання зазначених коефіцієнтів було здійснено перевірку моделі REMO на незалежному періоді спостережень – з 2001 до 2015 р. включно. Нами було здійснено порівняння щорічних значень модуля стоку, отриманих на гідрологічних постах і прогнозованих у моделі за той самий період. Порівняння виконано за двома сценаріями – порівняння багаторічних значень модуля стоку окремо для кожного досліджуваного посту, а також осередне-

них у басейні значень модуля стоку окремо для кожного року з незалежного періоду.

Як видно з табл. 3, без використання коефіцієнта значення модуля стоку, отримані за моделлю REMO, досить суттєво відрізняються від виміряних. Відхилення змодельованих значень коливаються в межах від 7,2 до 23,5 %, тоді як при застосуванні коефіцієнта відсоток відхилення зменшується до 3,6–11,2 %, тобто відхилення від виміряних значень зменшуються вдвічі.

Таблиця 3. Перевірка моделі REMO з використанням поправочного коефіцієнта

№	Річка	Гідрологічний пост	Відхилення змодельованих значень модуля стоку від виміряних за період 2001–2015 рр.	
			без коефіцієнта (%)	з коефіцієнтом (%)
1	Дністер	с. Стрільки	15,16	4,85
2		сміт Розділ	20,19	10,06
3		м. Галич	11,60	5,31
4		м. Заліщики	13,21	7,14
5		м. Могилів-Подільський	14,41	8,35
6		с. Грушка	17,51	6,39
7		Дубосарська ГЕС	13,89	5,95
8		м. Бендери	23,41	10,17
9	Стрв'яз	с. Луки	10,61	4,67
10	Завадка	с. Риків	9,51	3,62
11	Опір	м. Сколе	14,54	6,93
12	Свіча	х. Мислівка	7,20	5,22
13	Свіж	сміт Букачівці	21,79	7,07
14	Лімниця	с. Осмолода	8,94	4,36
15	Б. Надвірнянська	с. Пасічна	10,17	5,26
16	Золота Липа	с. Задарів	14,13	7,14
17	Золота Липа	м. Бережани	21,06	8,93
18	Коропець	сміт Коропець	23,45	9,54
19	Стрипа	х. Каплиці	21,24	8,72
20	Серет	сміт В. Березовиця	16,25	6,45
21	Серет	м. Чортків	15,92	7,46
22	Нічлава	с. Стрільківці	15,96	11,15
23	Збруч	м. Волочиськ	12,52	9,86
24	Збруч	с. Завалля	12,18	7,63
25	Смотрич	с. Купин	14,15	10,52
26	Студениця	с. Голозубинці	15,75	10,61
27	Ушиця	с. Тимків	19,61	10,83
28	Калюс	сміт Нова Ушиця	12,85	5,89

Якщо розглянути інший спосіб перевірки моделі – порівняння осереднених по всьому басейну значень модуля стоку за кожен рік (табл. 4) – то можна побачити, що й у цьому випадку застосування коефіцієнта значно підвищує достовірність модельних значень. Аналізуючи табл. 4, можна стверджувати, що без використання поправочного коефіцієнта відхилення модельних значень від виміряних коливаються в межах від

12,9 до 17,4 %; застосування коефіцієнта зменшує відхилення до 5,4–9,4 %.

Здійснена перевірка справджуваності моделі на незалежному періоді дає підстави стверджувати, що запропонований нами поправочний коефіцієнт дійсно дає змогу зменшити відсоток відхилення змодельованих значень, унаслідок чого отримані в моделі REMO значення модуля стоку будуть значно точніше відповідати дійсності.

Таблиця 4. Відхилення змодельованих значень модуля стоку, осереднених по всьому басейну за кожний рік перевірконого періоду (2001–2015 рр.)

	без коефіцієнта (%)	з коефіцієнтом (%)
2001	14,66	9,11
2002	14,64	9,03
2003	15,29	7,70
2004	14,32	7,64
2005	15,98	7,74
2006	14,67	8,04
2007	15,99	6,26
2008	12,88	6,47
2009	14,12	5,38
2010	14,68	6,89
2011	16,21	7,43
2012	15,71	7,82
2013	17,43	7,14
2014	16,55	9,35
2015	15,71	6,49
Середнє значення по басейну	15,26	7,49

Щоб оцінити ступінь зв'язку між даними двох вибірок, розраховують коефіцієнти кореляції між ними й будують рівняння регресії. Коефіцієнт кореляції для пари даних багаторічного значення модуля стоку (осереднений по всьому басейну) близький до 1 (рис. 2), що свідчить про задовільну узгодженість змін за площею й у часі.

На графіку використовується лінійна апроксимація. При обчисленні коефіцієнтів кореляції між даними

двох джерел для кожного гідрологічного посту окремо було виявлено, що коефіцієнт коливається в межах 0,962–0,998, що підтверджує можливість здійснення моделювання не тільки для певних виділених територій (країна, річковий басейн), але й для створів окремих гідрологічних постів.

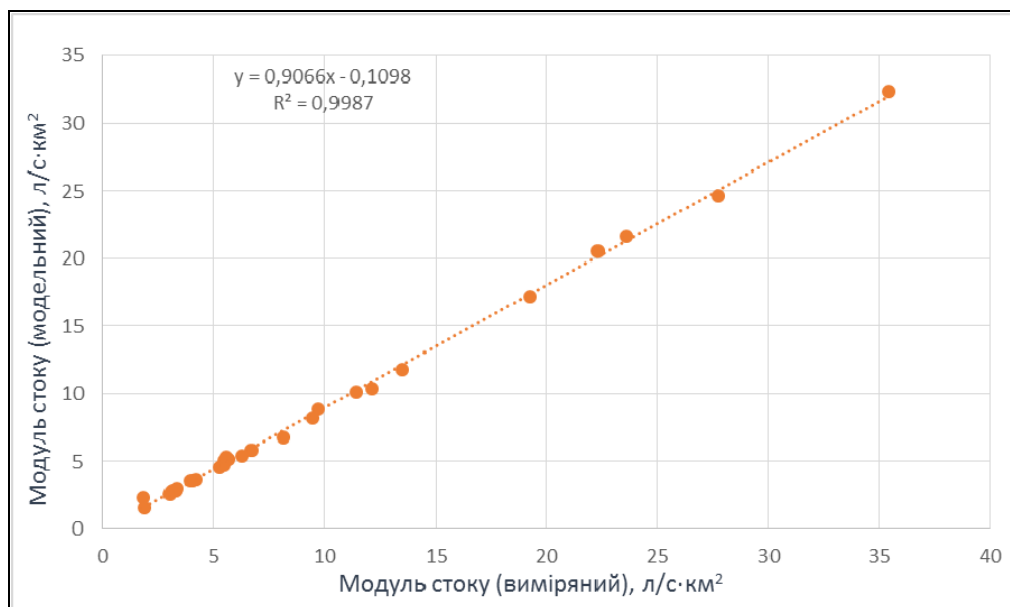


Рис. 2. Графік зв'язку та рівняння регресії між вимірним і змодельованим середнім багаторічним модулем стоку води (1971–2000 рр.), осередненим для басейну Дністра

Висновки. Дані дослідження показують, що модель REMO досить достовірно прогнозує зміни модуля стоку в басейні Дністра, включаючи закономірності й місцеві особливості формування стоку в різних частинах досліджуваного басейну. Значні відхилення між даними можуть бути пов'язані з недостатньою точністю відповідності меж районів, виділених у REMO, до меж річкового басейну. Однак отримане високе значення коефіцієнта кореляції дозволяє зробити висновок про те, що модель REMO можна використовувати для аналізу минулих, сучасних і прогнозування майбутніх змін стоку басейну Дністра з високим ступенем достовірності. Разом з тим використання запропонованого коефіцієнта дозволить зменшити відхилення змодельованих значень модуля стоку і дасть змогу точніше спрогнозувати стік річок басейну Дністра в майбутньому.

Список використаних джерел:

1. Вишневецький В. І. Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневецький, О. О. Косовець. – К., 2003.
2. Горбачова Л. О. Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину XXI століття) / Л. О. Горбачова // Проблеми матеріальної культури. Географ. науки. – С. 89-94.
3. Днестр і його басейн : Гідрологічний очерк / под ред. А. П. Доманицького. – Л. : Гидрометиздат, 1941.
4. Звіт про науково-дослідну роботу "Проведення просторового аналізу змін водного режиму басейнів поверхневих водних об'єктів на території України внаслідок зміни клімату". – УкрГМІ, 2013.
5. Краковська С. В. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961-1990 рр. / С. В. Краковська, Л. В. Паламарчук // Наук. праці УкрНДГМІ, 2008. – Вип. 257. – С. 42-60.

6. Ресурси поверхневих вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия / под ред. М. С. Каганера. – Л. : Гидрометиздат, 1969.
7. Стратегічні напрямки адаптації до зміни клімату в басейні Дністра. Проект "Зміна клімату і безпека у Східній Європі, Центральній Азії та на Південному Кавказі". – 2015
8. Gorbachova L. O. Forecasting estimations of runoff change in Dniester Basin under conditions of climate change / L. O. Gorbachova, Y. B. Nabyvanets. – EGU Leonardo 2012. – Torino, Italy, 2012. – P. 87.

References:

1. Vyshnevskiy V.I., Kosovets O.O. Hidrologichni kharakterystyky richok Ukrainy. – K., 2003. – 324 c.
2. Gorbachova L.O. Otsinka mozhlyvykh maibutnykh zmin vodnogo stoku richok Ukrainy (na seredynu XXI stolittia). – Problemy materialnoy kultury – Geograficheskie nauki, c. 89-94.
3. Dnestr i ego basein : Hidrologicheskiy ocherk / Pod red. A.P.Domanitskogo. – L.: Hydrometizdat, 1941. – 308 c.
4. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu "Provedennia prostорового analizu zmin vodnogo rezhymu baseiniv poverkhnelykh vodnykh ob'ektiv na terytorii Ukrainy vnaslidok zmin klimatu". – UkrHMI, 2013. – 228 c.
5. Krakovska S.V., Palamarchuk L.V. Veryfikatsia danykh svitovogo klimatynchno tsentru (CRU) ta regionalnoi modeli klimatu (REMO) schodo prognuzu przyzemnoi temperatury povitria za kontrolnyi period 1961-1990 rr. – Nauk. pratsi UkrNDHMI, 2008, Vyp. 257 – c.42-60.
6. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T.6 Ukraina i Moldavia. / Pod red kand.t.n. M.S.Kaganera, L., Hydrometizdat, 1969 – 884 c.
7. Strategichni napriamky adaptatsii do zminy klimatu v baseini Dnistra. / Proekt "Zmina klimatu i bezpeka u Skhidniy Europi, Tsentralniy Azii ta na Pivdennomu Kavkazi". – ISBN: 978-92-9234-240-1. – 2015
8. L.O.Gorbachova, Y.B.Nabyvanets. Forecasting estimations of runoff change in Dniester Basin under conditions of climate change. – EGU Leonardo 2012, Torino, Italy. – 2012, p.87.

Надійшла до редколегії 08.05.18

В. Гребень, д-р геогр. наук, проф.,
К. Мудрая, асп.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ КЛИМАТА (REMO) ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕНДЕНЦИЙ КОЛЕБАНИЙ СТОКА ВОДЫ В БАССЕЙНЕ ДНЕСТРА

Осуществлена проверка численной климатической модели REMO, приведены результаты ее проверки для территории исследуемого бассейна Днестра. Выявлены закономерные отклонения в полученных результатах прогнозирования. Для уменьшения отклонений прогнозируемых значений предложено использование переходного коэффициента, применение которого позволяет уменьшить процент отклонений почти в два раза. Подтверждена достоверность предполагаемых тенденций колебаний стока и возможность применения данной климатической модели для прогнозирования стока воды на реках бассейна Днестра.

Ключевые слова: модель климата, сток, верификация.

V. Greben, Doctor of Science in Geography, Professor,
K. Mudra, PhD Student
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

USE OF A REGIONAL CLIMATE MODEL (REMO) FOR water flow TRENDS EVALUATION IN THE Dniester river Basin

In order to confirm the possibility of predictive climate models using for the flow modelling in the Dniester river basin, the REMO climate model was verified.

The verification was carried out on the basis of comparison of the simulated values and data from the hydrological observation network. The data of 28 hydrological stations on the Dniester and its tributaries were used. The reference period for testing the model was from 1971 to 2000. In total, 11 136 values of the average monthly and 917 values of the average annual water flow were used.

According to the results of the conducted research, it was found that in most cases, the average annual flow value, taken from the model REMO, is lower, compared with the data from the hydrological observation network. The mean annual flow in the Dniester basin according to the hydrological observation network is 9.25 l/s·km², based on the model REMO – 8.27 l/s·km².

In order to reduce the deviations of the predicted values, it was proposed to use a correction factor, it can reduce the percentage of deviations from the measured values by half.

The assessment of the relationship between the data from the hydrological observation network and model values was carried out on the basis of determining the coefficient of pair correlation with the subsequent calculation of the regression equation. It was found that the correlation coefficient for a pair of data of the average long-term value – measured and model – is close to 1, which confirms the possibility of modelling not only for certain designated areas but also for individual hydrological stations.

This research shows that the model REMO reliably predicts water flow changes in the Dniester river basin, taking into account the peculiarities of flow formation in different parts of the studied basin.

Keywords: climate model, water flow, verification