

УДК 626.81: 504.45: 551.583+332.38

Дунасва Є. А., м.н.с. * (Кримський науково-дослідний центр Інституту гідротехніки і меліорації УААН)

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ ТА УМОВ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЇ

Проаналізовано вплив змін клімату та типів землекористування на кількісні та якісні показники припливу до водосховищ.

Ключові слова: агрогідрологічне моделювання, зміни клімату, MWSWAT, приплив, Салгір, Сімферопольське водосховище.

Динаміка кількісно-якісних характеристик річкового стоку обумовлена багатьма факторами, що змінюються (кліматичні, метеорологічні, антропогенні та ін.), та зазнає значних змін залежно від цих факторів. Задля оцінки впливу різних параметрів на формування водних ресурсів було проведено агрогідрологічне моделювання з використанням прогностичних сценаріїв змін клімату та варіантів зміни просторової забудови території.

Для проведення розрахунків з урахуванням можливих сценаріїв змін клімату використовувалась електронна модель рельєфу (DEM), завантажена з сайту міжнародного центру сільського господарства тропіків (CIAT, <http://srtm.csi.cgiar.org/>), та є результатом математичної обробки матеріалів дистанційного зондування земної поверхні у рамках міжнародного проекту STRM (The Shuttle Radar Topography Mission). Типи землекористування та ґрунтів, що використовуються при моделюванні, отримані з баз даних проекту WaterBase [1].

Для моделювання сценаріїв з урахуванням впливу різних параметрів, басейн р. Салгір вище Сімферопольського водосховища було розділено на 17 суббасейнів на основі DEM рельєфу, в межах яких було виділено 6 основних типів землекористування, 3 категорії ґрунтів та 72 гідрологічно-характерних одиниць.

Для визначення динаміки процесів формування водних ресурсів на дослідній території та оцінки стоку розраховувалась зміна приходних складових водного балансу, а саме опадів, а також витратних складових – випаровування. Результат моделювання залежить від сценарію

* Роботу виконано під керівництвом доктора технічних наук, академіка НААН П.І. Коваленка

розрахунків, на якому заснована модель. Міжурядова група експертів з питань змін клімату (МГЕЗК) розробила різні групи сценаріїв для майбутнього, які стали базою для такого роду розрахунків. Вони залежать від різних припущень демографічного, соціального, економічного і технологічного розвитку нашого світу, та кожен з них слід розглядати як однаково вірогідний.

Для аналізу доступних водних ресурсів у зв'язку зі змінами клімату та оцінки покриття потреб населення та галузей народного господарства необхідно проведення розрахунків прогнозу зміни надходження водних ресурсів (стоку). Розрахунок проведено на прикладі водозбору Сімферопольського водосховища (р. Салгір). Вплив природних факторів та їх зміни за рахунок змін клімату розраховано за моделлю HadGem (Великобританія) з використанням сценарію А1В, який більш часто використовується фахівцями гідрометеорологічної служби для розрахунків сценаріїв щодо змін клімату на території Криму [2].

Середньодобові дані температури та опадів по десятиріччям XXI ст. змодельовані на основі статистичних даних метеостанцій м. Сімферополь та Ангарського перевалу з використанням багаторічного тренду (без урахування можливих змін клімату) та представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Середньодобові за десятиріччя значення температури повітря (°С), метеостанцій м. Сімферополь та Ангарський перевал (статистичний тренд)

метеостанція м. Сімферополь									
Параметр	Десятиріччя XXI ст.								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Min T, °C	6.2	6.1	6.3	6.2	6.1	6.2	6.1	6.3	6.2
Max T, °C	16.2	16.1	16.2	16.3	16.1	15.9	16.2	16.4	16.1
метеостанція Ангарський перевал									
Параметр	Десятиріччя XXI ст.								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Min T, °C	4.6	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.6	4.7	4.6
Max T, °C	12.1	12.1	12.1	12.2	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2

Зміна середньодобових значень температури повітря (°С) та опадів по десятиріччям XXI ст. для урахування змін клімату по сценарію А1В для території водозбору Сімферопольського водосховища для метеостанції м. Сімферополь наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Середньодобові за десятиріччя значення температури повітря (°C) по сценарію А1В, метеостанція м. Сімферополь

Параметр	Десятиріччя XXI ст.								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Min T, °C	6.7	6.7	6.7	8.2	8.2	8.2	8.3	8.2	8.1
Max T, °C	16.6	16.6	16.8	18.1	18.2	18.0	18.3	18.3	18.1
Відхилення від статистичної середньої T, %	4.0	5.0	4.4	16.9	18.9	18.6	19.3	16.7	17.5

В табл. 2 наведено відхилення від середньої розраховане як порівняння з середньою температурою за відповідні десятиріччя змодельовані без урахування змін клімату (табл. 1). З таблиці видно, що середньодобова температура повітря за сценарієм А1В збільшується у діапазоні від 0,6 до 1,9° C, що є досить суттєвим для зміни формування повітряних мас.

На рис. 1 наведено варіанти зміни опадів за результатами, змодельованими на основі тренду статистичних даних та даних, отриманих на основі сценарію А1В на базі моделі HadGem.

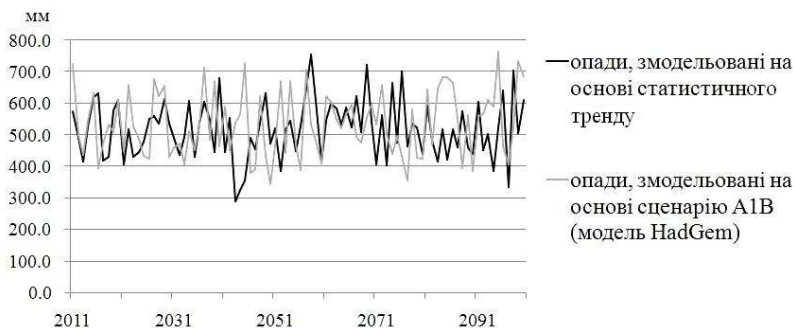


Рис. 1. Порівняння статистичного тренду та сценарних змін опадів

З рис. 1 видно, що згідно розрахункам у період з 2011–2100 рр. кількість опадів може (вірогідно) складати в окремі роки менш ніж 300 мм, і тенденція може зберігатись впродовж декількох років. Це потребує додаткової уваги до проблем ефективного та раціонального використання водних ресурсів у ці посушливі періоди.

Порівняння графіку стоку, розрахованого на базі статистичного тренду (без зміни клімату) і за сценарієм А1В моделей HadGem та МРЕН5 (Німеччина), наведено на рис. 2.

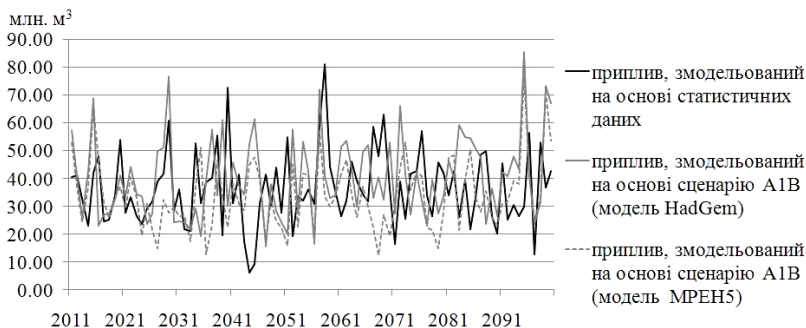


Рис. 2. Приплив до Сімферопольського водосховища змодельований на основі статистичних даних та даних, отриманих на основі сценарію А1В на базі моделей HadGem та МРЕН5 за 2011–2100 рр.

Згідно розрахунків за моделлю HadGem (сценарій А1В) спостерігається збільшення середньобаторічного стоку на 11% в порівнянні з трендом, на основі статистичних даних. За моделлю МРЕН5 у період з 2011–2100 рр. за сценарієм А1В вірогідно зменшення стоку на 7%. Це свідчить про те, що розробка адаптаційних заходів не може базуватися тільки на одному з сценаріїв та повинна враховувати суттєву варіацію результуючих даних.

Слід зазначити, що з врахуванням сценарних змін клімату, спостерігаються також якісні зміни характеристик водних ресурсів. Так, наприклад, вміст нітратів у воді за сценарієм А1В по моделі HadGem менше на 5% та по моделі МРЕН5 – на 4%, ніж за розрахунком по статистичному тренду. Концентрація розчинного кисню за сценарієм А1В (моделі HadGem, МРЕН5) на 15% збільшується в порівнянні з даними концентрації, змодельованої на основі статистичних даних.

Моделювання динаміки хімічного складу води у Сімферопольському водосховищі проведено з використанням модельного комплексу MWSWAT. Отримані результати (з урахуванням верифікації моделі на основі натурних спостережень) дозволяють зробити висновок, що при аналізі оцінки формування водних ресурсів території слід враховувати потенційні зміни та можливий вплив динаміки зміни кліматичних параметрів.

Одним із факторів, який суттєво впливає на формування водних ресурсів, їх кількісні та якісні характеристики, є структура землекористування території. Збільшення або зменшення одного з типів / варіантів впорядкування відбивається на об'ємі стоку річок та його якості.

Згідно даних за 1955-2009 роки [3] на водозбірній площі Сімферопольського водосховища суттєво збільшився процент урбанізованих територій (на 13%), зменшилась кількість земель, що не використовуються, та на 2.2 тис. га збільшилась площа лісу та лісопосадки. Основні типи землекористування у водозбірній площі Сімферопольського водосховища приведені у табл. 3.

Таблиця 3

Типи землекористування на водозборі Сімферопольського водосховища (модель MWSWAT)

Тип землекористування	Найменування у моделі	Площа, га	% території у басейні
Рілля та пасовища	CRDY	10737	35.6
Мозаїчні орані землі/ пасовища	CRGR	3994	13.2
Мозаїчні орані землі/ лісонасадження	CRWO	2462	8.2
Широколістяний ліс	FODB	12035	39.9
Мішаний ліс	FOMI	891	3.0
Водні об'єкти	WATB	31	0.1
Всього		30150	100

На стан басейну Сімферопольського водосховища суттєво впливає лісистість, розораність та рівень урбанізації території. Тому, у подальших розрахунках оцінено вплив зміни цих параметрів на формування кількісних та якісних характеристик водних ресурсів на території.

Вплив лісу на норму стоку, згідно рівняння водного балансу, може бути викликаний його дією на кількість опадів та випаровування. Ліс викликає, подібно підвищенням, інтенсивніші висхідний повітряний потік і потоки обтікання, та сприяє осадженню горизонтальних опадів у вигляді паморозі, ожеледі і в рідкому вигляді. Однією з причин, що ускладнює оцінку впливу лісу на атмосферні опади, є, як відомо, неточність обліку опадоміром твердих опадів в холодний період року, коли особливо сильно позначається вплив вітру [4].

Окремі дослідники (Костін, 1948; Калінін, 1950; Дроздов, 1950; Рахманов, 1959; Кузнецова, 1961; Раунер, 1966) зробили детальні розрахунки, що стосуються проблеми впливу лісу на атмосферні опади, причому більшість з них прийшла до позитивних висновків – ліс збільшує кількість опадів. У помірних широтах це збільшення в абсолют-

них величинах найчастіше складає 20-100 мм [4] показують, що річний стік з залісених басейнів у 50% випадків вище, ніж з малозалісених.

Витрати водотоків зменшуються у середньому на 5% при скороченні площ лісу на 10%. Тому для проведення моделювання зміни об'ємів стоку з території водозбору Сімферопольського водосховища враховувались варіанти збільшення та зменшення площі лісу на 10%. При збільшенні площі, що зайнята під лісним покривом, на 10% від загальної площі водозбору, вона становить приблизно 160 км², при зменшенні на 10% – 100 км². На рисунку 3 відображені зміни припливу до Сімферопольського водосховища залежно від зміни площі зайнятої під лісом.

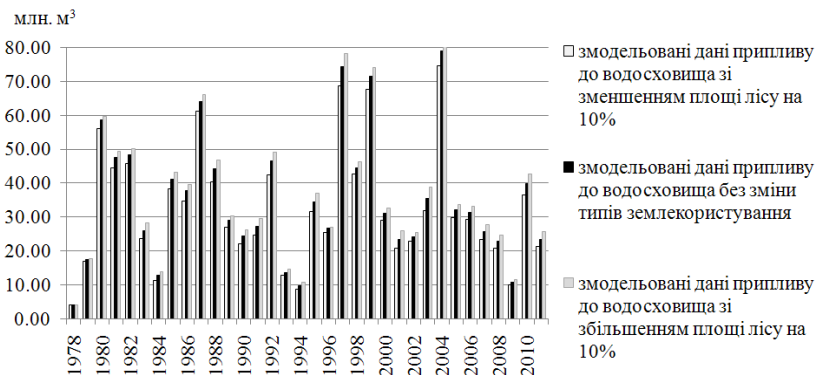


Рис. 3. Порівняння припливу при зменшенні площі лісу та при відсутності змін

Згідно проведеного розрахунку, при зменшенні кількості лісів на водозборі Сімферопольського водосховища спостерігається зменшення об'єму припливу на 7%, при збільшенні кількості лісів на водозборі спостерігається збільшення об'єму припливу на 6%. Це корелює з науковими дослідженнями проведеними А.М. Алпатьєвим у 60-х роках ХХ ст. [4].

Розораність відкритих ділянок, незайнятих лісом, також безпосередньо впливає на рівень поверхневого стоку з території. Незважаючи на те, що в останнє десятиріччя процент розораності зменшився, однак наявність планів з відновлення зрошуваних площ, потребує розрахунку впливу динаміки цього типу землекористування на поверхневий стік. У розрахунках, згідно попереднім дослідженням, доцільно враховувати збільшення с.-г. угідь на 5%.

При збільшенні площі, що зайнята під ріллям, на 5% вона становить на водозборі приблизно 54 км². Згідно проведеного розрахунку, при збільшенні кількості площі рілля на водозборі Сімферопольського водосховища спостерігається зменшення об'єму припливу на 1%.

Під збільшенням площі урбанізованих територій розуміється також збільшення забору води для покриття потреб населення як на господарсько-побутові цілі, так і на цілі зрощення присадибних ділянок, та відповідне збільшення об'ємів скидів використаної води у водні об'єкти. Для оцінки впливу зростання забудови на водні ресурси долини враховано подальшу тенденцію збільшення селітебної території на 1%.

Зміни гідрохімічного режиму води у водосховищі залежно від цілеспрямованих змін водогосподарського навантаження на його басейні та у самій водоймі виражені через збільшення або зменшення у воді концентрацій забруднюючих речовин.

Деревна рослинність акумулює поживні речовини з атмосферного повітря та ґрунту, передає органічні матеріали водному середовищу та видаляє надлишкові поживні речовини з ґрунтових вод. За розрахунком при зменшенні площі, занятої під лісом, на 10% вміст нітратів у воді збільшується у 1,5 рази, при збільшенні площі лісу на 10% – концентрація зменшується на 30%. Збереження та відтворення лісного покриву на території водозбору Сімферопольського водосховища дозволить покращити ситуацію з вмістом нітратів у водному об'єкті.

Згідно результатів моделювання при збільшенні розораності на 5% вміст нітратів у воді зменшується на 3% за рахунок споживання рослинами поживних речовин.

На рис. 4 відображено змодельовану динаміку вмісту нітратів у Сімферопольському водосховищі залежно від зміни типу землекористування на його водозборі.

У табл. 4 наведено зведені характеристики впливу типів землекористування на формування водних ресурсів на території водозбору Сімферопольського водосховища.

Вплив збільшення площі урбанізованих територій на водозборі Сімферопольського водосховища на екологічний стан водних ресурсів оцінено за БСК. Результати моделювання показують, що збільшення площі урбанізованих територій на 1% від загальної площі водозбору підвищує БСК на 16%.

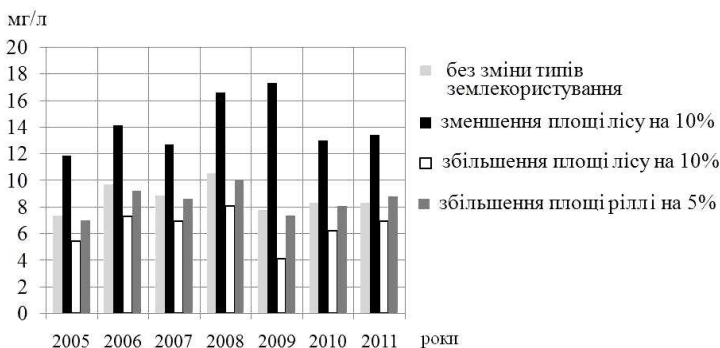


Рис. 4. Динаміка вмісту нітратів залежно від долі лісових насаджень та рілля на території водозбору Сімферопольського водосховища

Таблиця 4

Порівняльна характеристика зміни кількісних та якісних показників стану водних ресурсів з урахуванням змін землекористування

	Найменування варіанту	Площа на території водозбору, км ²	Кількісний показник (приплив), млн м ³	Якісний показник (нітрати, мг/л)
змодельовані дані	на основі статистичних даних	301.5 (без змін)	34.8	8.7
	зменшення площі лісу на 10%	99.2	32.4	14.1
	збільшення площі лісу на 10%	160.0	36.6	6.4
	збільшення площі рілля на 5%	54.3	35.2	8.4
	площа урбанізованих територій 10%	32.5	36.0	-
	збільшення площі урбанізованих територій на 1% від площі водозбору	37.4	34.2	-

Висновки. Визначено вплив долі різних типів землекористування на кількісні та якісні показники стоку, а саме збільшення/зменшення лісового покриву на 10%, збільшення площі рілля на 5%, та збільшення площі урбанізованих територій на 1% (на 15% від існуючої).

Зміни клімату можуть оказати вплив на формування водних ресурсів території за рахунок зменшення або збільшення опадів, зміни характеру їх випадіння. Згідно з результатами моделювання (період 2011–

2100 рр.) кількість опадів може зменшуватись в окремі роки до рівня менш ніж 300 мм, і ця тенденція може зберігатись впродовж декількох років.

Зміна типів землекористування також впливає на кількісні параметри припливу до водосховища, а саме зменшення або збільшення площі лісу на 10%, зменшує або збільшує приплив відповідно на 7% та на 6%. Відтворення лісового покриву на водозборі (збільшення на 10% від існуючого) дозволить додатково отримувати приблизно 2 млн м³ водних ресурсів на рік. При збільшенні розораності на 5% на території водозбору Сімферопольського водосховища об'єм припливу зменшиться на 1%. Процент території, зайнятий різними типами землекористування, впливає на якісні характеристики водних ресурсів, а саме при зменшенні площі, занятої під лісом на 10%, вміст нітратів у воді збільшується у 1,5 рази, а при збільшенні площі лісу на 10% – зменшується на 30%. Збільшення урбанізованих територій на 1% від загальної площі водозбору призведе до збільшення БСК5 на 16% за рахунок підвищення об'ємів скидів господарсько-побутових вод до р. Салгир та її приток.

Для більш ефективної оцінки впливу змін типів землекористування необхідно мати більшу кількість статистичних даних вимірювання якості води, наявність яких є недостатньою, у т.ч. у зв'язку з вибірковими відборами проб органами контролю за навколишнім середовищем.

1. Luis L. The WaterBase Project [Електронний ресурс] / Luis L., Sharma V., George C. – 2006. – 5 р. – Режим доступу: <http://www.waterbase.org/docs/waterbase.pdf>
2. Проект инициативы ENVSEC: Снижение уязвимости к экстремальным наводнениям и изменению климата в бассейне реки Днестр («Днестр-III: наводнения и климат»). Базовое исследование по Украине (на русском языке) [Електронний ресурс] / Юрий Набиванец, Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт. – 2010. – Режим доступу: http://www1.unece.org/ehlm/platform/download/attachments/22347813/Baseline_study_Report_Ukraine_final.pdf
3. Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация / под ред. В. А. Бокова – Симферополь : Крымский научный центр, 2011. – 193 с.
4. Алпатьев А. М. Влагообороты в природе и их преобразования [Електронний ресурс] / А. М. Алпатьев. – Гидрометеорологическое издательство. Ленинград. 1969 – С. 63-74. – Режим доступу: http://big-archive.ru/geography/hydrologic_cycle_in_nature_and_their_transformation/25.php

Рецензент: д.т.н., професор Коваленко П. І. (Інститут водних проблем і меліорації НААН)

Dunaieva Y. A., Junior Research Fellow (Crimean Scientific and Research Centre of Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation of the Ukrainian Academy of Agricultural Sciences)

INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE AND LAND USE PRACTICE ON WATER RESOURCES FORMATION

Influence of climate change and landuse types on quantitative and qualitative parameters of water inflow to reservoir.

Keywords: agrohydrological modeling, climate change, inflow, MWSWAT, Salgir, Simferopol reservoir.

Дунаева Е. А., м.н.с. (Крымский научно-исследовательский центр Института гидротехники и мелиорации УААН)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И УСЛОВИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ

Проанализировано влияние изменений климата и типов землепользования на количественные и качественные показатели притока в водохранилища.

Ключевые слова: агрогидрологическое моделирование, изменение климата, MWSWAT, приток, Симферопольское водохранилище.