

УДК 910:004.65 + 556.166

Д.В. Глотка**ГЕОДАНИ GLOBAL FOREST CHANGE ДЛЯ УТОЧНЕННЯ ЛІСИСТОСТІ СУББАСЕЙНІВ РІЧКИ ДЕСНИ**

Гідрологічне моделювання в сучасних програмних продуктах потребує гармонізованих геоданих високої точності, а отже й вартості. Помилки виникають унаслідок використання застарілих гідрографічних характеристик азональних чинників. У роботі описано, як на основі безкоштовних похідних продуктів дешифрування даних високої роздільної здатності супутників Landsat уточнено площі лісів на 2012 рік та зображено їхню динаміку з 2000 по 2012 рік у межах суббасейнів гідрологічних постів р. Десни.

Ключові слова: лісистість, Global Forest Change, Landsat, ГІС, зімкнутість лісового покриву.

Вступ

Гідрологічне моделювання в сучасних програмних продуктах може здійснюватися спеціалістами лише за наявності та попередньої підготовки векторних та растрових даних необхідної точності та роздільної здатності. Іншою властивістю геоданих має бути відображення *сучасного стану компонентів природного середовища*, а за їхньої відсутності, урахування тих змін стану, що можуть суттєво вплинути на якість прогнозів. Обов'язком держави є оновлення геоданих, що за сучасних умов має відбуватися методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які дозволяють отримувати очікувану точність, є менш вартісними за широкомасштабні польові дослідження, а їхнім результатом є загальноприйнятні формати геоданих для подальшого використання в ГІС.

В Україні для цілей наукових досліджень доступні паперові карти масштабів 1:100000 та 1:50000, що відображають стан навколишнього середовища згідно з датами останніх топографічних зніманих у 1954 р., з оновленням у 1986 р. Це створює цілу низку проблем:

- оцифровані в растровий формат та геоприв'язані карти можуть слугувати лише для візуалізації просторового розміщення об'єктів;
- кропітка процедура їхньої векторизації не має сенсу через застарілість відображеного стану навколишнього середовища та дрібний масштаб, що через картографічну генералізацію дещо зменшує реальні площі, зайняті полігональними об'єктами (лісами, озерами, болотами та ін.) [1] та не відображає важливі для моделювання гідротехнічні та інші інфраструктурні антропогенні об'єкти;

- ліси на картах мають такі атрибути: домінантна порода деревостану, середня висота (деревостан від 4 м), товщина та середня відстань між деревами, а проте контур полігону лісу є замкнутим, а атрибут – гомогенним, без урахування різної зімкнутості крон деревостану в його межах;
- механічний (планіметр) і графічний (палетка) спосіб визначення площ за паперовими картами є трудомістким та не визначається високою точністю.

Робота з даними ДЗЗ у середовищі ГІС (сучасний напрям наукової діяльності) мало висвітлена у вітчизняних наукових публікаціях. Робіт з оцінки лісистості басейнів річок за геоданими Global Forest Change, що стали доступними для широких кіл у 2014 році, у світі ще не проводили. Розробники цих геоданих (Hansen et al.) оцінювали глобальні тенденції зміни лісового покриву з 2000 по 2012 рр. [2], динаміки лісового покриву в окремих країнах (Potapov et al. [3, 4], Margono et al. [5]). Інститут космічних досліджень РАН та Центр з проблем екології та продуктивності лісів РАН у 2013 році започаткували програму безперервної інвентаризації лісів на регіональному рівні на основі даних супутників MODIS та ASAR-Envisat [6].

Ураховуючи зміни в самому форматі отримання інформації про природне середовище та використання ГІС і ДЗЗ у фізико-географічних науках, постає необхідність в уточненні поняття «ліс/рослинний покрив» через різне розуміння галузевими фахівцями (лісоводами, кадастровими інженерами, картографами, географами, екологами) цього компонента ландшафту для прикладних досліджень. Різні характеристики

лісу: біом, зімкнутість лісового покриву, бонітет лісу, найменша значуща площа, місцезнаходження лісу в буферній зоні річки та ін. визначають активність процесів впливу на пов'язані компоненти ландшафту. Вплив лісу на водний баланс та ерозію ґрунтів України має бути уточнено натурними спостереженнями та експериментами з урахуванням сучасних можливостей супутникових та аерофотознімків щодо отримання саме значущих характеристик лісу.

Мета роботи – за допомогою ГІС-інструментарію порахувати відсоток лісистості суббасейнів гідропостів річки Десна на основі нових геоданих Global Forest Change (GFC) [2], урахувавши зімкнутість лісового покриву та його зміни з 2000 по 2012 рік.

Матеріали та методи дослідження

GFC є похідним продуктом обробки даних з супутників місії Landsat. Дані є безкоштовними, доступними з 2014 р., характеризуються роздільною здатністю у ~ 8 разів вищою за попередньо використовувані для цілей безперервної інвентаризації лісів у Росії. Верифікація геоданих GFC за знімками високої роздільної здатності в Google Earth дозволяє однозначно стверджувати про їх високу достовірність.

Таблиця 1

Геодані для дослідження рослинного покриву Землі

Геодані	Роздільна здатність, м	Вартість за км ² , \$
Quick Bird	0,6	16
Ikonos	1	10
Formosat	2	8,5
SPOT	2,5	3,4
SPOT	20	0,9
AWiFS	80	0,01
MODIS-Terra	250	безкоштовно
Landsat	30	безкоштовно

Процедура обробки проводилась хмарною платформою Google Earth Engine даних Landsat 4, 5, 7 та 8 (LDCM, Landsat Data Continuity Mission) із архіву Геологічної Служби США (USGS Earth Resources Observation and Science archive) алгоритмами групи вчених Університету штату Меріленд.

З архіву відібрано 654,178 найкращих сцен Landsat 7 (ETM+) сезону вегетації рослин з глобальним проекційним покриттям. Google Earth Engine – це понад 10000 обчислювальних центрів Google у різних частинах світу, програмно поєднаних у єдину систему для зберігання, оновлення та обчислення (створення похідних продуктів) геоданих. Завдяки єдиній платформі досягається

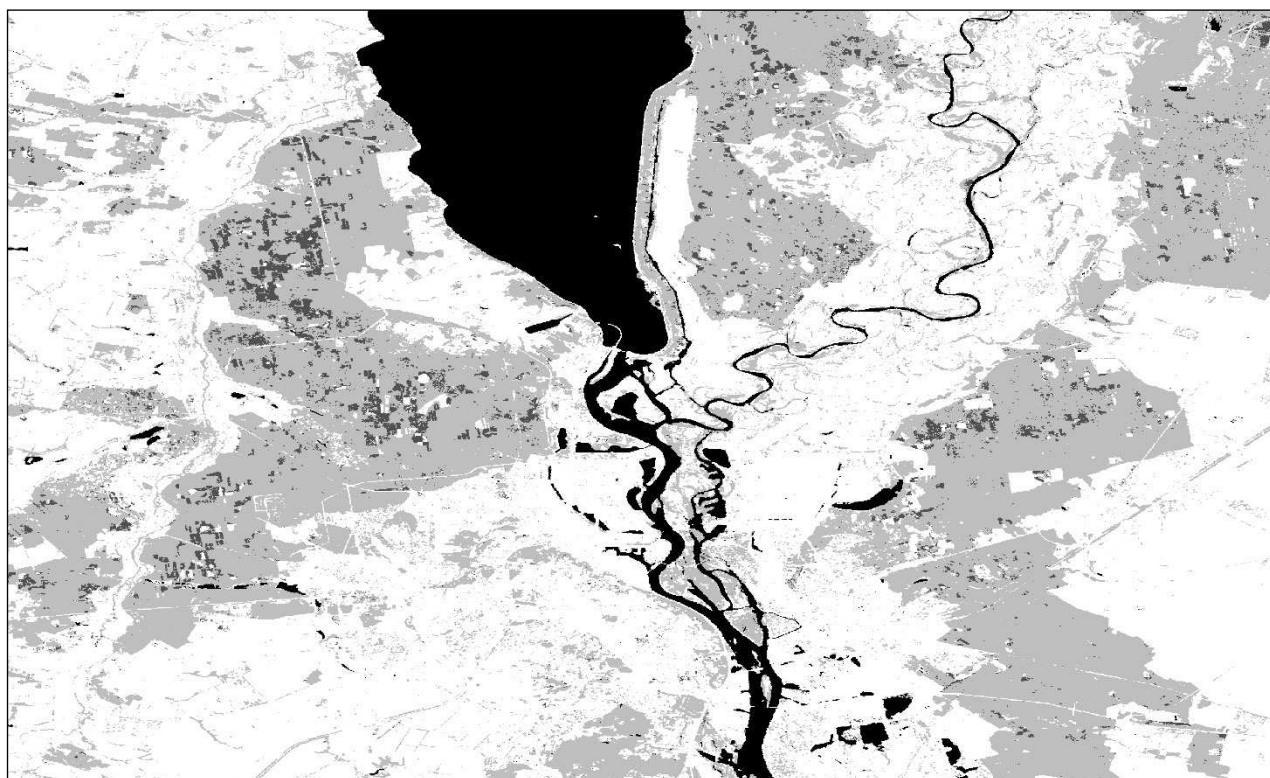


Рис. 1. Веб-сервіс Global Forest Change [3]: чорним – водні об'єкти, сірим – лісовий покрив станом на 2000 р., темно-сірим – знеліснення за 2000-2012 рр.

небачена до цього часу паралельна обчислювальна здатність, функціонування якої забезпечується спеціально розробленим програмним забезпеченням. Метою її створення є реалізація та підтримка сервісів Google Earth. Останнім часом Google виділяє потужності цієї платформи для реалізації корисних наукових та громадських некомерційних проектів. Процедуру підготовки та обробки знімків Landsat описано в [7]. Обробка даних на платформі Google Earth Engine тривала 4 дні, тоді як сучасний стаціонарний комп'ютер вимагав би 15 років.

Технічні характеристики геоданих Global Forest Change:

- глобальне охоплення (128,8 млн. км²; 143 млрд. пікселей Landsat), окрім Антарктики та деяких арктичних островів;
- геодані складаються з трьох наборів: treecover2000, loss, gain, lossyear, datamask, firstimage, lastimage;
- роздільна здатність знімків 1 арк. сек. (~30 м/~1:25000);
- геодані розповсюджуються у форматі GeoTIFF 8-bit signed integer;
- вся рослинність висотою понад 5 м дешифрована як лісовий покрив;
- кожному пікселю привласнений атрибут зімкнутості покриву на площу пікселя (~626,6м²), 0-100%;
- зімкнутість покриву зафіксовано на сценах у надирі супутника;
- використовується мозаїка беззмарних знімків сезону вегетації рослин.

Тобто, геодані характеризують зімкнутість лісового покриву, адже відповідають умові розрахунку верхнього ярусу на площу, не меншу як 500 м². Тому на основі Кіотського протоколу [8], Лісової енциклопедії [9] та враховуючи, що в Україні, окрім Криму, відсутній тип рослинності рідколісся, лісом вважаємо рослинність висотою понад 5 м із зімкнутістю крон від 30 %.

Класифікація така:

1. Дуже розріджена рослинність 1-9 %;
2. Розріджена рослинність 10-29 %;
3. Ліс низької щільності 30-49 %;
4. Ліс середньої щільності 50-69 %;
5. Щільний ліс 70-84 %;
6. Дуже щільний ліс 85-100 % [10].

Алгоритм підрахунку площі лісу в заданих полігонах (суббасейнах) із використанням ГІС такий:

1. Рекласифікація растра treecover2000 на: 30-100 та 0-29 як «no data».
2. Перетворення проекції растра з WGS_1984

у WGS_1984_UTM_Zone_36N (спотворення площ $< 0,01\%$) методом найближчого сусідства.

3. Обрізка растра полігональними шарами суббасейнів гідро постів.

4. Отримання інформації про кількість пікселів кожного класу в атрибутивній таблиці растра по полю Count.

5. Добуток кількості пікселів на його площу та переведення в км².

Основними результатами засвідчено *суттєву недооцінку сучасної лісистості* суббасейнів річки Десни (табл. 2). Порівнюючи їх з даними за 1981 р, не враховували до 20 % площі лісів у суббасейні р. Снов. Загалом у басейні Десни і зараз *збільшується площа лісів* (з 2000 до 2012 року на 0,4 %). Цей процес залежить від кліматичних змін, змін ґрунтового покриву, меж природних зон, домінантних видів рослинного покриву та ін. На нашу думку, основною причиною є антропогенне втручання у водний стік (осушувальна меліорація), що в довгостроковій перспективі зумовила відновлювальну sukcesію лісового покриву на великих площах осушених водно-болотних угідь, заростання покинутих сільгоспугідь, зменшення площ сінокосів.

Під час порівняння даних також потрібно враховувати й інші причини їх відмінності:

- недооцінка площ лісів, унаслідок використання топокарт дрібного масштабу;
- похибки механічного та графічного способу визначення площ за топокартами;
- певний суб'єктивізм у ході тематичного дешифрування ДДЗ.

Для суббасейну річки Івотка (рис. 2) також представлено показники зімкнутості лісового покриву (табл. 3), що засвідчили найвищу площу лісів саме високої щільності пологу: 70-84 % (201,098 км²) та 85-100 % (181,737 км²). У табл. 4 відображено процес знеліснення з 2000 до 2012 року, проте за цей же час відбувся *приріст лісу на 0,3 %* площі суббасейну річки Івотка.

Висновки

1. Уточнення площ лісів за геоданими Global Forest Change виявило недооцінку їхньої реальної площі до 20 % (у суббасейні р. Снов). На нашу думку, основною причиною збільшення лісистості в басейні Десни є антропогенне втручання у водний стік (осушувальна меліорація), що в довгостроковій перспективі зумовила відновлювальну sukcesію лісового покриву на великих площах осушених водно-болотних угідь, заростання покинутих сільгоспугідь, зменшення площ сінокосів.

Таблиця 2

Лісистість суббасенів гідропостів річки Десна станом на 2012 рік за даними Global Forest Change

Річка - пункт	Площа суббасейну за [11], км ²	Лісистість за [12] на 1981 р., %	Лісистість станом на 2000 р., км ² (%)	Знеліснення за 2000-2012 рр., км ² (%)	Приріст лісу за період 2000-2012 рр., км ² (%)	Лісистість станом на 2012 р., км ² (%)
р. Десна - гирло	88824,06		27740,07 (31,2)	1124,243 (1,3)	1476,426 (1,7)	28092,253 (31,6)
р. Десна - м. Чернігів	80691,3		25785,721 (32)	987,001 (1,2)	1415,798 (1,7)	26214,518 (32,5)
р. Десна - с. Розльоти	36483,48	30	16602,456 (45,5)	655,671 (1,8)	945,218 (2,6)	16892,003 (46,3)
р. Десна - м. Брянськ	12364,965	40	7213,607 (58,3)	234,611 (1,9)	424,545 (3,4)	7403,541 (59,8)
р. Сейм - с. Мутин	25596,433	5	3896,423 (15,2)	47,149 (0,1)	120,34 (0,4)	3969,614 (15,5)
р. Сейм - м. Рильськ	18114,671	5	2720,553 (15)	21,979 (0,1)	96,986 (0,5)	2795,56 (15,4)
р. Снов - м. Щорс	6948,72	16	2508,228 (36)	135,067 (1,9)	227,27 (3,3)	2600,431 (37,4)
р. Клевень - с. Шарпівка	2590,571	7	488,206 (18,8)	14,546 (0,5)	14,818 (0,6)	488,478 (18,9)
р. Івотка - с. Івот	1261,176	30	497,593 (39,4)	29,657 (2,3)	32,948 (2,6)	500,884 (39,7)

Таблиця 3

Площа, яку займають пікселі різної зрілості рослинного пологру (%) за класифікацією [8] на 2000 р. у суббасейні гідропоста р. Івотка – с. Івот, км²

Розрізжена рослинність, км ²	Ліс, км ²	
	Ліс, км ²	Ліс, км ²
1-9 %	10-29 %	30-49 %
21,182	39,007	41,238
		50-69 %
		70-84 %
		85-100 %
		73,52
		201,098
		181,737

Таблиця 4

Динаміка знеліснення за період 2000-2012 рр. у суббасейні гідропоста р. Івотка – с. Івот, км²

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1,706	2,44	2,739	3,202	1,786	2,287	2,462	2,01	2,662	3,355	2,801		

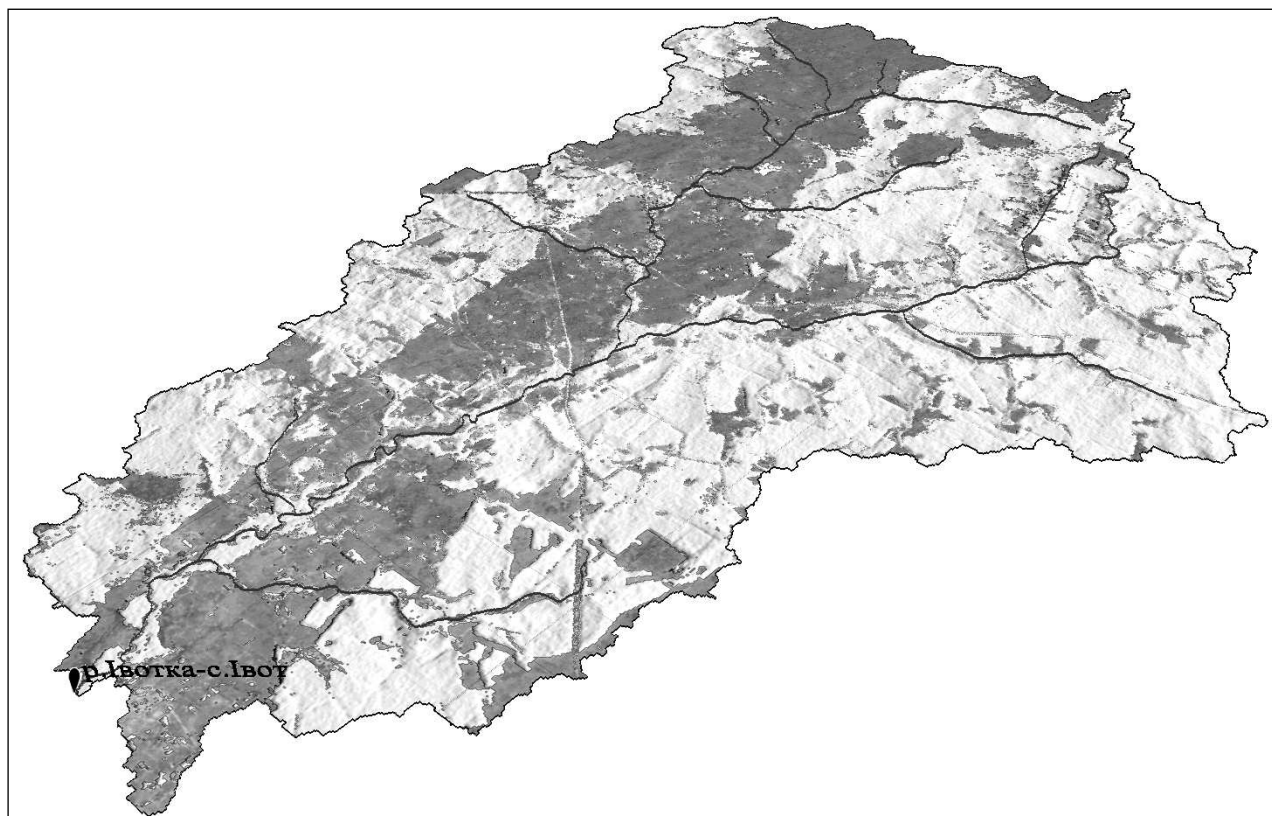


Рис. 2. 2,5-вимірне зображення лісистості суббасейну р. Івотка

2. Цінність геоданих GFC проявляється ще й у тому, що ліси мають конкретну просторову прив'язку, тобто можна враховувати вплив лісу лише у межах визначеної буферної зони річки, враховувати вплив лісової формації, починаючи з деякої площі певної конфігурації (зв'язності), користуватися диференційованими коефіцієнтами для лісів залежно від зімкнутості крон.

3. Використання інструментарію ГІС у гідрології за наявності даних ДЗЗ високої точності дають змогу на сучасному науковому рівні вирішувати цілий ряд теоретико-прикладних проблем, що не знаходили свого вирішення до цього часу.

* *

1. Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – С. 8-11, 18
2. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / [Hansen, M.C., P. V. Potapov, R. Moore et al.] – Science 342 (15 November 2013): 850-53. Data available on-line from <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.
3. Forest cover change within the Russian European North after the breakdown of Soviet Union (1990-2005) / [Potapov P.V., Turubanova S., Zhuravleva I., et. al.] – International Journal of Forestry Research (2012), 11 p., doi:10.1155/2012/729614.
4. Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000-2010, with Landsat ETM+ data / [Potapov P.V., Turubanova S., Hansen M., et al]. – Remote Sensing of Environment (2012), 11 p., doi:10.1016/j.rse.2011.08.027.
5. Mapping and monitoring deforestation and forest degradation in Sumatra (Indonesia) using Landsat time series datasets from 1990 to 2010 / [Margono B.A., Turubanova S., Zhuravleva I., et al.] – Environmental Research Letters 7 (2012), 16 p., doi:10.1088/1748-9326-7/3/034010
6. Совещание по вопросам использования возможностей спутникового мониторинга в решении задач Государственной инвентаризации лесов (Москва, 17 мая 2013 г.) / Рослесхоз, Институт космических исследований РАН, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. – М.: Рослесхоз, 2013. – 24 с. Режим доступа .
7. Supplementary Materials for High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / [Hansen, M.C., P.V. Potapov, R. Moore et al.] – Science 342 (15 November 2013): 850-53. Paper available from .
8. Promode Kant. Definition of Forests under the Kyoto Protocol: Choosing Appropriate Values for Crown Cover, Area and Tree Height for India, 2006. – 3 p. Paper available from <http://www.amity.edu/aigwes/3.pdf>.
9. ЛЕС. Лесная энциклопедия / Гл. ред. Г.И. Воробьев. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – Т. 1. – 563 с. – 100 000 экз. Режим доступа <http://forest.geoman.ru/>.

10. Victoria's Statewide Forest Resource Inventory. Forests Service Technical Report 99-2. Department of Natural Resources and Environment, East Melbourne, Victoria, 1999. – 76 p.
11. Кошкіна О.В., Глотка Д.В. Просторовий розподіл гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля в басейні р. Десна за багаторічний період на основі ГИС. – Наук. пр. УкрГМІ – Вип. 264.
12. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг. и весь период наблюдений). Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 2, Среднее и Нижнее Поднепровье / Под ред. Б.Ф. Бенды. – Л.: Гидрометиздат, 1981. – С. 499.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут*

Д.В. Глотка

Геоданные Global Forest Change для уточнения залесённости суббассейнов реки Десны

Гидрологическое моделирование в современных программных продуктах требует гармонизированных геоданных высокой точности, а также и стоимости. Ошибки происходят из-за использования устаревших гидрографических характеристик азональных факторов. В работе

описано, как на основании бесплатных производных продуктов дешифрирования данных высокой разрешающей способности спутников Landsat уточнены площади лесов на 2012 год и изображена их динамика с 2000 по 2012 год в пределах суббассейнов гидрологических постов р. Десна.

Ключевые слова: залесённость, Global Forest Change, Landsat, ГИС, сомкнутость лесного полога.

D.V. Hlotka

Global Forest Change geodata for the tree cover area estimation of the Desna River subwatersheds

Hydrological modelling in the latest software requires harmonized geodata of high accuracy, and hence the cost. Errors arising while using outdated hydrographic characteristics of the azonal factors. This paper describes how, based on free derivative data products of high-resolution images of the Landsat satellites, were estimated tree cover area in 2012 and depicted its dynamics from 2000 to 2012 within the gauging station's subwatersheds of the Desna River.

Keywords: tree cover, Global Forest Change, Landsat, GIS, crown closure.

УДК 556.162"327"(477)

Л.О. Горбачова, О.С. Васильєва

СТРОКИ ТА ТРИВАЛІСТЬ ПЕРІОДІВ І СЕЗОНІВ ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО РОКУ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ

Проаналізовано однорідність та стаціонарність середньомісячних витрат води в басейні р. Південний Буг за гідролого-генетичними методами. Розроблено три схеми поділу водогосподарського року на періоди й сезони для різних частин басейну та виконано районування басейну за типами внутрішньорічного розподілу стоку.

Ключові слова: водогосподарський рік, періоди й сезони, сезонний стік, циклічні коливання, однорідність, стаціонарність.

Вступ

Установлення закономірностей внутрішньорічного розподілу стоку є дуже важливим як з практичного, так і з теоретичного погляду. Від його характеру залежить розрахункова кількість води для різноманітних водогосподарських потреб, потужність гідроелектростанцій, розмір площ зрошування та ін. [1]. У період інтенсивного водогосподарського будівництва в Україні (50-80-ті роки ХХ ст.) питанню внутрішньорічного розподілу стоку приділялась значна увага

[2-5]. У середині 80-х років минулого століття здійснено детальні дослідження внутрішньорічного розподілу стоку річок України та виконано узагальнення у вигляді районування території України по типах внутрішньорічного розподілу стоку на основі даних 99 гідрологічних постів з тривалістю спостережень понад 25 років [6], що не є достатнім. У сучасний період внутрішньорічний розподіл стоку річок України та виявлення його тенденцій досліджували такі вчені як В.К. Хільчевський, М.І. Ромась, О.Г. Ободо-