

Проф. д-р Валентин Казанджиев, д-р инж. Олга Ничева,  
Национален институт по метеорология и хидрология - БАН

МЕТОД ЗА ПРЕСМЯТАНЕ НА МЕСЕЧНОТО ПОДХРАНВАНЕ  
НА ПОДЗЕМНО ВОДНО ТЯЛО БЕЛЕНЕ ЧРЕЗ ПРИЛАГАНЕ  
НА МОДЕЛА CLM

METHOD FOR CALCULATION THE MONTHLY RECHARGE  
OF GROUNDWATER BODY BELENE BY APPLICATION  
OF THE MODEL CLM

Prof. Valentine Kazandjiev and Dr. Olga Nitcheva,  
National Institute of Meteorology and Hydrology at the BAS

**Summary:** *The assessment of recharge of groundwater is an important part of the assessment of the water balance in the hydrological cycle on certain areas forming the groundwater resources. It allows for determining the exploitation groundwater discharges, which are an important source of water and in hazardous climate and ecological situations it can be the only source for water supply.*

*Practical calculation of the groundwater recharge is a difficult problem. The most reliable way is monitoring the groundwater level by observing wells. That method is appropriate for small areas. But when it should be considered watersheds and large territories it is better to be applied hydrological models, giving the rainfall-runoff relationship with precise modeling of infiltration through the soil zone taking into account soil characteristics and forces determining water transport in depth.*

*In our investigation is used such a model. It is the Community Land Model (CLM), which is a module of the Global Climate Model determining the energy and water exchange between the earth surface and atmosphere. By the model it is possible to be done the assessment of the monthly and annual values of the infiltrated water in large watersheds, where there are available meteorological data, topography, soils and land cover. The reliability of the model is verified by calculated recharge of the groundwater body Belene (North Bulgaria, next to Danube river), for which we have enough information. The results show that the model CLM has practical applicability in the assessment of the groundwater resources.*

**Увод**

Подземните води са невидимият източник на вода, който се намира под земната повърхност, събират се в естествени подземни резервоари, познати още като водоносни слоеве и са източника на вода в изворите и кладенците. Подземните резервоари не бива да се изпомпват за водопотребление по-бързо отколкото природата може да ги възобнови.

Затова Рамковата директива за во-

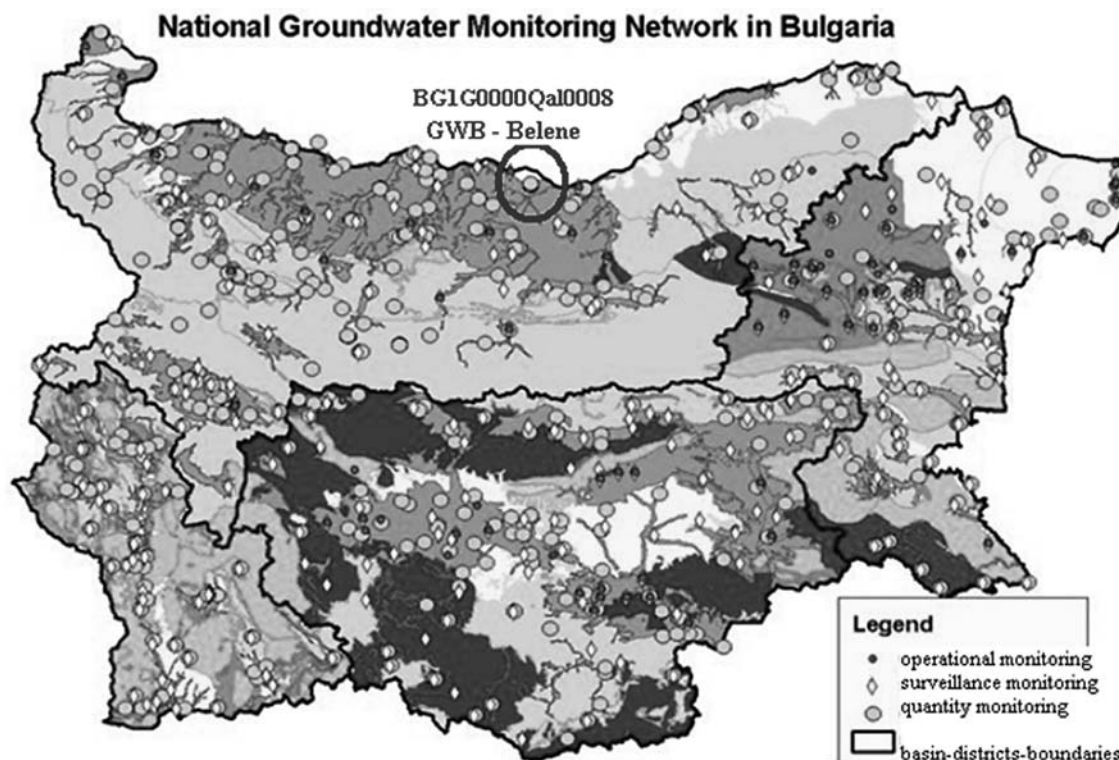
дите (РДВ) на ЕС [1] изисква управление на подземните води. Те трябва да се идентифицират като подземни водни тела в речните басейни, да се планират и приложат мерки за поддържането им в добро количествено и качествено състояние, за което се докладва пред ЕК. Целта е постигане на добро химическо и количествено състояние до 2015 г. в краткосрочен план, а до 2050 г. постигане на устойчиви резултати.

Според директивата, подземно водно тяло е обем вода във водоносни хоризонти, който е дългосрочен ресурс и който може да бъде използван за човешка дейност или да подхранва повърхностните води и екосистемите [2]. Това са водни резервоари, които трябва да бъдат управлявани.

В изпълнение на чл. 3.1 от РДВ през 2003 г. България определи 215 подземни водни тела, обхващащи по-водобилните водоносни хоризонти на тери-

торията на страната [3], за които се извършва мониторинг на количественото (Фиг. 1) и химичното състояние за постигане на целите за опазване на околната среда по чл.4 от РДВ.

В настоящият доклад е разгледано подземно водно тяло Белене, което се подхранва от пряк водосбор на р. Дунав [4], между водосборите на р. Осъм и р. Янтра и включва водосбора на р. Барата (Фиг. 1 и Фиг. 2).



Фиг. 1. Пунктовете от мониторинговата мрежа за състоянието на подземните води, източник МОСВ (Министерство на околната среда и водите, [5])

В информационните регистри кодът на това подземно водно тяло (ПВТ) е BG10000Qal008 с наименование „порови води в Кватернера, Беленско-Свищовска низина“ [6]. ПВТ-Белене принадлежи на Мизийския хидрогеоложки район. Алувиални отложения с кватернерна възраст изграждат Беленско-Свищовската низина, те са двупластов комплекс с дебелина до 20 м. Горният пласт е глинесто-песъчлив и достига до 9 м, а долният пласт е чакълесто-песъчлив с добри филтрационни свойства, където посоката на формирания подземен отток е насочен към р.Дунав. Така подземната вода се дренира от р.Дунав

и отводнителните канали. ПВТ-Белене е със средна дебелина 18 m, безнапорно по тип. Под него са практически неводоносни скали и не получава подхранване от подложката, ПВТ се подхранва от атмосферни валежи [7].

През 2011 г са взети проби от ПВТ-Белене и резултатите са показали , че подземната вода е в добро химично състояние по Стандартите за качество, съгласно Приложение № 1 от Наредба №1/2007 г. за проучване, ползване и опазване на подземните води [8].

Мониторинг за количественото състояние на подземните водни тела се извършва в пунктовете, показани на

**фигура 1** (пунктовете в сиво) [5]. „Резултатите от анализа и оценката на съотношението на водоотнемането към естествените ресурси показват, че подземно водно тяло BG1G0000Qa-1008 (Белене) е в лошо състояние” [9].

Затога в настоящето изследване ще се разгледа количественото състояние на ПВТ-Белене, подхранването по месеци чрез математическа симулация, естествените ресурси на ПВТ, определени по обобщени методи и разрешено годишно водочерпене, определено от МОСВ.

### Методика на изследването

В нашето изследване инфилтрацията и подхранването на подземните води е изчислено с пространствено-динамичен модел Community Land Model version 3.0 (CLM model). Това е земният модул на глобалния климатичен модел на НАСА [10].

В модела CLM водният баланс е представен с уравнението:

$$q_{\text{инфилтрация}} = q_{\text{валеж}} - q_{\text{отток}} - q_{\text{изпарение}} \quad (1)$$

Където  $q_{\text{изпарение}}$  (mm/s) е изпарението - потока водни пари от почвената повърхност към атмосферата. В модела CLM изпарението се изчислява по „Monin–Obukhov similarity theory“ [11], чрез параметрите на влажността и температурата на въздуха и почвената повърхност.

В уравнение (1) оттока от водосбор  $q_{\text{отток}}$  (mm/s) се изчислява на базата на модела TOPMODEL [12], където на базата на нивото на подземната вода и разпределението на топографски индекс се оценява процентното съдържание „наситена зона” ( $f_{\text{наситена площ}}$ ) и процентното съдържание „ненаситена зона” ( $1 - f_{\text{наситена площ}}$ ). В случай на „наситена зона” почвената повърхност е водонаситена и падналият там валеж се трансформира в отток.

Ако почвения слой е непропусклив, тогава падналият валеж се оттича като отток:

$$q_{\text{отток}} = q_{\text{валеж}} \quad (2)$$

Ако почвения слой е пропусклив,

тогава падналият валеж е сумата от оттока от наситената площ и оттока от ненаситена площ:

$$q_{\text{отток}} = f_{\text{наситена площ}} \cdot q_{\text{валеж}} + (1 - f_{\text{наситена площ}}) \cdot W_{\text{влажност}} \cdot q_{\text{валеж}} \quad (3)$$

Водният поток  $q_{\text{инфилтрация}}$  (mm/s), който инфилтрира в почвеният профил и подхранва подземните води се изчислява по уравнение (1) на базата на вече определените потоци отток и изпарение.

### Практическо приложение

Моделът CLM е приложен за подземно водно тяло Белене за 1998 г., защото тогава разполагаме с подробна климатична информация.

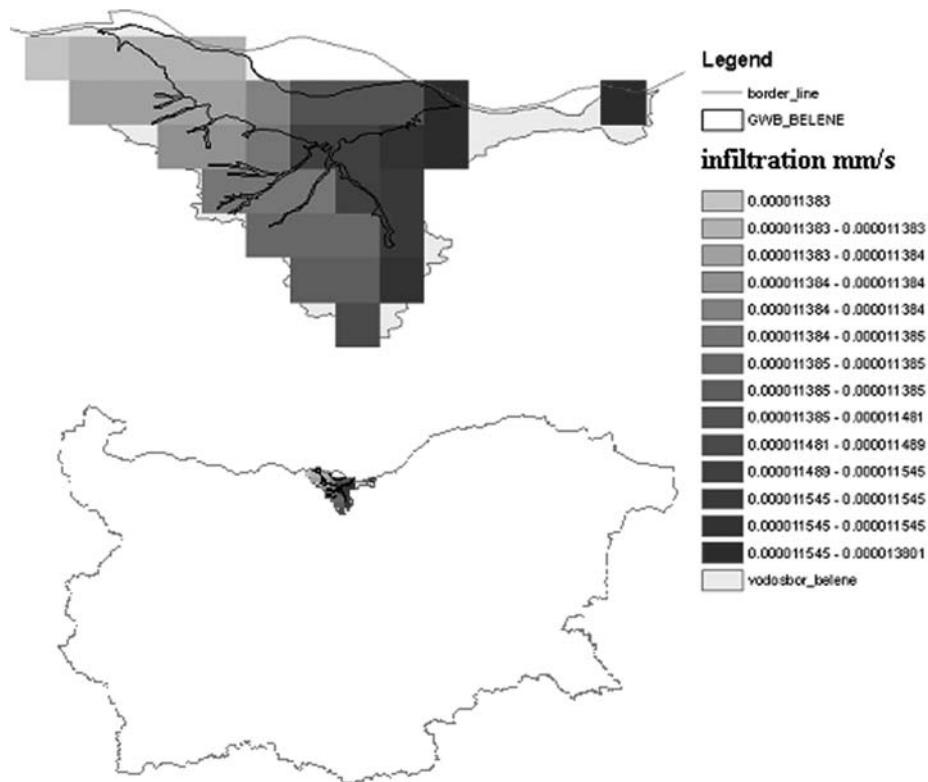
За приложението на модела са използвани климатични данни (reanalysis data sets of the National Centers for Environmental Prediction (NCEP)) на НАСА [13] с резолюция  $2^\circ \times 2^\circ$ , валеж, температура на въздуха, атмосферно налягане, влажност на въздуха, радиация и скорост на вятъра.

Информацията за почвата и растенията е въведена с пространствена резолюция  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  (IGBP dataset (International Geosphere-Biosphere Programme) [14]. Модела CLM работи в среда Линукс с подробна база данни, която тук само се споменава.

Резултатите от модела са показани в графичен вид на **фигура 2**, където се вижда очертанието на подземното водно тяло, водосбора и стойностите на средномесечното подхранване (mm/s) (в случая за месец ноември 1998). Най-високи стойности на подхранването има във източната част на водосбора на подземно водно тяло Белене.

Резултатите от моделните изследвания са показани в **Таблица 1**. За всеки месец е дадено изчисленото средно подхранване за  $m^2$  на площта на ПВТ, както и зададените количества валеж и сняг за  $m^2$ .

За да се провери точността на модела са съпоставени годишните стойности на атмосферния валеж и последвалата инфилтрация надолу по почвения про-



Фиг. 2. Контурите на подземно водно тяло Белене, неговият водосбор, моделираните средни стойности на инфилтрацията за месец ноември 1998 г., за клетки с резолюция 5x5 km

1998 година													
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
22.15	5.36	-0.02	-17.25	-12.12	-7.69	-1.89	-1.28	24.20	-1.50	30.11	0.41	подхранване (mm/m <sup>2</sup> )	
31.42	0.31	15.04	23.76	54.21	44.71	32.84	21.99	102.02	61.36	25.33	0.54	валеж (mm/m <sup>2</sup> )	
47.24	42.67	21.51									35.77	19.69	сняг (mm/m <sup>2</sup> )
580.41 mm/m <sup>2</sup>		валеж и сняг, общо за 1998											
40.49 mm/m <sup>2</sup>		подхранване на подземно водно тяло Белене, общо за 1998											

Таблица 1. Месечни стойности на валеж, сняг и подхранване на подземните води за m<sup>2</sup> на водосбора на подземно водно тяло Белене, съгласно модела CLM

фил. За 1998 г. изчисленият паднал валеж е бил 580.41 mm/ m<sup>2</sup>. Това са реални стойности за нашата страна [15]. Изчисленото годишно подхранване на ПВТ-Белене за 1998 г е 40.49 mm/m<sup>2</sup>.

Подхранването на подземните води на Беленско-Свищовската низина определени с модела CLM, които са дадени в Таблица 1, са естествените ресурси на подземното водно тяло Белене, които за 1998 г. са изчислени като средна стойност 560 l/sec.

Естествените и разполагаеми ресурси на подземните водни тела за Дунавски район са определени през 2011 г. от Дунавска дирекция за управление на водите [8]. Така за ПВТ-Белене е изчислено средномногогодишно подхранване 669 l/sec, от което количество 498 l/sec е разрешеното водочерпене – но действителното водочерпене е 568 l/sec и остават свободни водни количества 101 l/sec.

При изработването на Генерални

схеми за басейново управление през 2000 г. са изчислени естествените ресурси (по хидродинамичен метод (от карта хидроизохипси)) за ПВТ-Белене, като в сухи години средномногогодишното подхранване е 370 l/sec, а във влажни години е 670 l/sec [7].

Моделните стойности на подхранването са доста съпоставими с тези определени по обобщени методи и може да се приеме, че месечните стойности изчислени с математическия модел могат да се приемат за реалистични и практически използвани. Съобразявайки се с тях както и с цитираните по-горе оценки, извършени по други начини, показват, че разрешеното водочерпене от близо 500 l/sec не бива да се надвишава.

### Заклучение

Направеното изследване показва практическата приложимост на модела CLM за оценка на подхранването на подземните води. Самият модел е зареден с данните за почвения профил, топографията и растителното покритие на клетки с размери 5 x 5 km., което е голямо улеснение за ползването му. Остава да се задават с възможната подробност данните на атмосферните въздействия. Ползването на модела може да допринесе за по-лесно и точно оценяване на експлоатационните ресурси на подземните води тела у нас.

### ЛИТЕРАТУРА

1. The Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy);
2. Identification of Water Bodies, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Luxembourg, 2003;
3. Национален доклад за изпълнение на изискванията на чл. 8 от Рамковата директива за водите 2000/60/EC, МОСВ, София, 2007;
4. Hristov, T., Ioncheva, V., 2002. Geographical Water Resources Information and Assessment System – “GeoWateRIAS “; V 1, International Conference “Preventing and Fighting Hydrological Disasters”, Timisoara, 21-22 November, Romania, 2002;
5. Gorova, R. “Groundwater monitoring in Bulgaria”, UNESKO BRESCE workshop, Thessaloniki, Greece, 2008;
6. Разполагаеми ресурси на подземните водни тела към 01.01.2011г., Дунавски район за басейново управление по водите, Плевен, 2011;
7. Славейков, И., „Оценка на подземните водни ресурси“, раздел „Оценка на подземните води в басейна на р.Осъм, Генерални схеми за използване на водите в районите с басейново управление. Отчет на ИВП-БАН по договор с МОСВ, 2000;
8. Състояние на подземните води територията на БДУВДР ПЛЕВЕН, 2011;
9. Екологична оценка и SWOT анализ - Екологична оценка на проект на План за управление на речните басейни в Дунавски район за басейново управление, ПОВВИК АД, София , 2009;
10. Oleson, K.W., et al., „Technical Description of version 4.0 of the Community Land Model (CLM)“, ISSN Electronic Edition 2153-2400, US, April 2010]
11. Minna, C., Woong, T., Kustas, W., “Reliable estimation of evapotranspiration on agricultural fields predicted by the Priestley–Taylor model using soil moisture data from ground and remote sensing observations compared with the Common Land Model”, US, International Journal of Remote Sensing Vol. 32, No. 16, 20 August 2011, 4571–4587;
12. Niu, G., Yang, Z., Dickinson, R., Gulden, L., “A simple TOPMODEL-based runoff parameterization (SIMTOP) for use in global climate models”, US, Journal of geophysical research, vol. 110, D21106, 15 PP., 2005;
13. National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research Reanalysis (NCEP-NCAR 1) - Surface Flux, US, 2012;
14. International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), US, 1997-2012;
15. Месечен хидрометеорологичен бюлетин на НИМХ (1991-2010).