

DROUGHT ASSESSMENT IN HYDROGEOLOGICAL ASPECT

Abstract: The many definitions of drought and the different types of this phenomenon are presented. The main features of the hydrogeological drought are identified and the methods for its assessing are considered. The studies of the groundwater drought in Bulgaria are summarized. The presented detailed overview of hydrogeological drought can significantly improve the understanding of this phenomenon, the water resource management and their sustainable use in the country.

Author information:

Gergana Droumeva-Antonova

Chief Assistant, PhD

National Institute of Meteorology and Hydrology,
BAS

✉ drdroum@abv.bg

🌐 Bulgaria

Keywords:

Drought, Aridity, Hydrology Drought, Groundwater
Drought, Water Management Plans in Drought
Conditions.

Суша – дефиниции и видове

Съществуват множество явления свързани с недостига или липса на вода, които се възприемат като суша, но в специализираната литература, те са точно разграничени и дефинирани. Например под „безводие” (aridity, dryness) се разбира постоянната липса или недостатъчно количество валежи или влажност. *Опустиняването* (desertification, desiccation, aridification) настъпва, когато се установят устойчиви тенденции за спад в наличието на вода. *Маловодието* (low flows) е ежегодно повтарящо се намаляване на водните количества в райони с ясно изразена сезонност. Във водостопанските изследвания основно се разглежда „недостига на вода”, когато водопотреблението е по-голямо от снабдяването с вода вследствие въздействието на естествени фактори като суша и/или нарастване на населението, промяна в земеползването, икономиката, обществените нужди. Според Beran and Rodier (1985) под понятието „суша” (drought) следва да се разбира намаляване на наличието на вода за определен период от време за определен район, [1]. Изследва се или като природно възникващ феномен вследствие изменение на метеороложки фактори – намаляване на валежи и увеличаване на температурата, или като липса на достатъчно количество вода, което води до увреждане на екосистеми, включително човешката, т. е. сушата може да се разглежда без да се отчитат екологичните и социално-икономическите последици от нея или като се акцентира върху тях. Сушата, за разлика от безводие и опустиняването, е временно явление и може най-общо да бъде характеризирано като отклонение във водния цикъл от нормалните условия, [2]. Тя се наблюдава не само в райони с оскъдни валежи, но и в райони, които климатично се характеризират с обилни валежи.

Сушата е сложно явление, което се проявява в различни части на хидроложката система, в различни пространствени и времеви скали и влияе върху различни обществени сектори. За различните хора тя има различни значения. Например, на земеделски производител суша има, когато по време на вегетационния сезон количеството на почвената влага е недостатъчно, за един селянин – когато му пресъхне кладенеца, за собственик на язовир – когато нивото на язовира и/или подаваните от него количества са недостатъчни. От екологична гледна точка суша възниква основно, когато количеството на валежите е значително по-малко от нормалното за конкретния район. Например, една година без дъжд е нормална за флората и фауната в аридните зони – там суша би възникнала при няколко последователни такива години. Във влажни и полувлажни райони щетите, причинени от сушата, са основно икономически, докато

в райони със сух и полу-сух климат сушата може да заплашва поминъка на хората. Различията в климатичните и регионални дадености са един от факторите, които определят множеството различни дефиниции на явлението суша – в специализираната литература са публикувани повече от 150 такива, [2].

На фигура 1 са показани видовете суша, както по отношение на проявлението им във водния цикъл, така и спрямо въздействието им върху различни сектори.



Фиг. 1. Видове суша

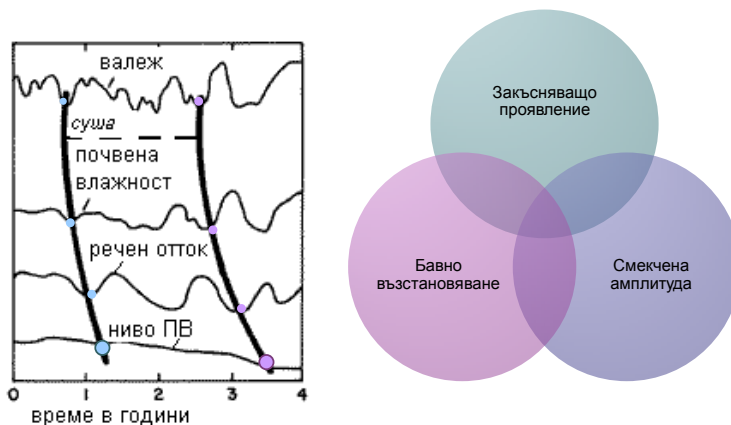
Отделните типове суша са взаимно свързани и техен причинител е естествената изменчивост на климата. След като се прояви метеороложката суша, в зависимост от нейната интензивност, явлението може да се разпространи и сред другите елементи на хидроложката система – могат да се прояви почвено засушаване, суша на повърхностните води и накрая – хидрогеоложка суша. Последните две са познати като хидроложка суша. Често в англоезичната литература понятията хидроложката суша и суша на повърхностния отток се приемат за равностойни. Тук сушата на повърхностните води е наречена хидро суша, за да може ясно да се разграничи от тази на подземните води, която е предмет на статията. Ефектите на почвеното засушаване и хидроложката суша върху екосистемите, земеделието и икономиката се наричат съответно еко суша, селскостопанска суша и социално-икономическа суша. В българската специализирана литература много често вместо суша се употребява засушаване, но без да са дефинирани никакви различия между двете понятия. В „Методи за мониторинг, оценка и въздействие на сушата в България“ се използва „хидрологично засушаване“, което се разбира като достатъчен дълъг период със сухо време, предизвикващ недостиг на вода поради намаление на водните количества в реката под нормалните и понижение на влагата в почвата или нивото на грунтовите води, [3].

Характерни особености на хидрогеоложката суша

Хидрогеоложката суша (засушаване/суша на подземните води) е част от хидроложката суша и като такава представлява установено устойчиво, проявено в регионално и временно намаляване на водния ресурс под неговата средна естествена стойност, [4]. Засушаването на подземните води трудно се приема като реалност, защото обикновено подземните води са възприемани като подземен резервоар с устойчив воден запас, който никога не се изчерпва до пресъхване и при недостиг на вода може да се използва като алтернатива на повърхностните водни ресурси. Такава е била и първоначалната теория за ефекта на острия дефицит на валежи върху състоянието на подземните води, развита през 70-те години на миналия век, която понастоящем е отхвърлена като общовалидна и приложима при всякакви хидрогеоложки условия. Day and Rodda (1978) въз основа на анализа на двугодишна (от 1975 г. до 1976 г.) суша във Великобритания развиват тезата, че в естествени условия метеороложката суша не би повлияла особено върху състоянието на подземните води, защото за кратко време дренажето им ще стане толкова слабо, че водоносния пласт ще спре да има разход на вода и нивото на подземните води ще достигнат до едно стабилно минимално ниво, т.е. спирайки подхранването

на подземните води практически ще спре и тяхното дрениране и ще се установи едно равновесно състояние при минимално ниво на подземните води, което може да бъде нарушено само от водоземане, [1]. Това предполага, че само водочерпене може да намали нивото на подземните води под този равновесен минимум, т. е. да доведе до суша/засушаване на подземните води. Освен това се допуска, че под това минимално водно ниво съществува голям статичен резерв от подземна вода – статичен запас – който може да бъде използван по време на суша, което се приема за напълно приемливо въз основа на предположението, че възможността за повторение на такова тежко събитие като сушата през 1975-1976 г. е малка. Основен недостатък на теорията на „статичния запас” е, че хипотезата за бързото спиране на дренирането на подземните води при липса на подхранване може да е напълно погрешна при различни хидрогеоложки условия. Всъщност дренирането към съседни водоносни пластове или към морето може да продължи по време на суша. Освен това са регистрирани дренирани количества от подземните води много по-големи от очакваните при суша. Концепцията за „статичен запас” се оказва приложима само за конкретни климатични и хидрогеоложки условия и бива бързо опровергана от последвалите събития. През 1988-1992 г. възниква още по-тежка и продължителна суша във Великобритания, с много по-голям обхват. Нивата на подземните води падат много под техния очакван минимум, дори в неводочерпени кладенци. За да се обясни явлението се предлага противоположна концепция, която разглежда подземните води като неразделна част от хидроложката система, която притежава не статичен, а непрекъснато изменящ се динамичен запас. Дефинира се и понятието суша или засушаване на подземните води/хидрогеоложка суша (groundwater drought) като резултат от временния дефицит на валежи. Понастоящем тази концепция е широко приета и прилагана, [1].

Хидрогеоложката суша води не само до намаляване ресурса на подземните води за водоползване и подхранването на повърхностните води от дренирането на подземните, но също така влияе негативно върху влажните зони, свързани с подземните води. Тя притежава някои характерни особености, които я разграничават от другите видове суша. На фигура 2 са показани измененията във времето на количеството валежи, почвената влажност, речния отток и нивата на подземните води. Наблюдава се, че при намаляване на количеството валежи под средното за даден район и проявено засушаване на почвените и повърхностни води, нивата на подземните води може да са високи, поради по-бавната им реакция. Обратното също е възможно – да се регистрират ниски нива на подземните води при валежи вече над средното им количество, поради по-бавното възстановяване на подземните води след засушаване. Освен това намаляването на нивото на подземните води, следствие метеороложка суша е с по-малка амплитуда, отколкото на повърхностните и почвени води. Може да се обобщи, че основните характерни особености на хидроложката суша, в сравнение с другите видове засушавания, са закъсняващо проявление, смекчена амплитуда и бавно възстановяване на нормалното състояние на подземните води (фиг. 2). Подобно на останалите типове суша и тя се описва със следните показатели – начало, степен или интензивност, обхват, продължителност и честота на повтаряемост, [5].



Фигура 2. Характерни особености на хидрогеоложката суша

Методи за оценка на хидрогеоложката суша

Сложността на явлението суша не позволява създаването на единен метод за неговата оценка. Най-често използвания подход в последните години е използването на стандартизирани индекси, които еднозначно да отчитат настъпването на явлението, неговото пространствено-времево проявление и позволяват категоризиране му. Досега са разработени няколко индекса за оценка на засушаването на подземните води – Standardized Water Level Index (SWI), Groundwater Resource Index (GRI) и Standardised Groundwater level Index (SGI), [6, 7, 8]. Техни основни недостатъци са, че най-често изискват ежедневни данни за изменението на нивото на подземните води, а не всички национални мониторингови мрежи покриват това изискване, включително наблюдателната мрежа на НИМХ-БАН не отговаря изцяло на него, както и че те не са приложими за всички хидрогеоложки условия и типове подземни води. Ето защо, на европейско ниво, все още не е приет единен стандартизиран индекс за оценка на хидрогеоложката суша, за разлика от другите видове засушаване. Правят се опити за разработване на комбинирани индекси с възможност за интегрирано изследване на процеса на засушаване и установяване на причинно-следствените връзки за различните елементи на хидрогеоложката система, [9]. Друга възможност е използването на локални индекси на хидрогеоложко засушаване, приложими на басейново ниво, които да важат за конкретни хидрогеоложки условия, [10].

Оценка на хидрогеоложката суша се извършва и с прилагане на метода на праговата стойност в комбинация с изчисляване на кумулативното отклонение от нея, който позволява изготвяне на сравнителни оценки на степента на засушаване и определяне на така наречените “горещи” точки – най-уязвимите на засушаване зони и типове подземни води), [2, 11, 12].

Използването на различни хидрологички, хидрогеоложки и др. модели, както и моделирането в ГИС среда също дават възможност за изследване засушаването на подземните води, но изисква твърде много ресурси, [13, 14, 15, 16].

В новите Планове за управление на речните басейни в България, въз основа на няколко климатични сценария за очаквано засушаване, са определени прогнозни изменения на естествените ресурси на подземните води за десетилетия напред, поради което тази оценка съдържа известна условност и несигурност, [17].

Изследвания на хидрогеоложка суша в България

Изследванията за влиянието на метеорологичката суша върху количественото състояние на подземните води започва малко след периода на най-продължително и силно засушаване от 1982 до 1994 г., откакто е създадена националната хидрогеоложка мрежа на България. Разгледани са намаляването дебита на извори на карстови и понижаване нивото на порови подземни води през различни периоди на метеорологичката суша от 1982-1994 г. Установено е, че дефицитът на валежи е довел от 20-30% до 45 % по-нисък дебит на разглежданите извори и с 0,20 - 0,70 m спад на водните нива. Количественото състояние на подземните води се възстановява чак през 1996-1997 г. Използвани са данни от хидрогеоложки мониторингови пунктове с неповлиян режим от човешка дейност, [18, 19].

Също така е изследвано засушаването на сарматския водоносен хоризонт в Североизточна България чрез търсене на корелационна връзка между стандартизиран индекс на валежа, SPI, характеризиращ метеорологичката суша и флуктоацията на нивата на подземните води, [20].

Хидрогеоложката суша в България е оценена и чрез използване метода на праговата стойност в комбинация с изчисляване на кумулативното отклонение. Анализирани са ефектите на значителни, едногодишни и многогодишни метеорологички суши върху изменението на нивото на подземните води в единичен кладенец и са определяни количествените характеристики на хидрогеоложкото засушаване, [5]. Методът е използван и за оценка на пространствено-времето развитие на хидрогеоложката суша за конкретни подземни водни тела, както за последователни сушеви години, така и за определен сушеви период, [21, 22].

Заклучение

В заключение може да се обобщи, че сушата е временно и сложно явление, което се проявява в различни части на хидроложката система, в различни пространствени и времеви скали, влияе върху различни обществени сектори и най-общо може да бъде дефинирано като отклонение във водния цикъл от нормалните условия. Отделните видове суша са взаимно свързани и техен причинител е естествената изменчивост на климата. Сложността на явлението суша не позволява създаването на единен метод за неговата оценка.

Хидрогеоложката суша е част от хидроложката суша и нейни отличителни особености са закъсняващо проявление, смекчена амплитуда и бавно възстановяване на нормалното състояние на подземните води. Тя води до намаляване ресурса на подземните води за водоползване, подхранването на повърхностните води от денирането на подземните и влияе негативно върху влажните зони, свързани с подземните води. Изследванията на хидрогеоложката суша в България се развиват след 2000 г., когато наличието на мониторингова мрежа с дългогодишни наблюдения на състоянието на подземните води позволява да се оцени ефекта на продължителното и силно метеороложко засушаване от 1982 до 1994 г. върху подземните води.

Задълбочените знания за развитието на сушата в хидроложката система могат да намалят отрицателните последици от въздействието на сушата чрез проактивно управление на явлението, посредством развитие на система за мониторинг, прогнозиране, ранно предупреждение и мерки за смекчаване на въздействието му. Реалната оценка на хидрогеоложката суша може в значителна степен да подобри управлението на ресурсите на подземните води и устойчивото им използване.

References:

1. Peters, E. 2003. Propagation of drought through groundwater systems - Illustrated in the Pang (UK) and Upper-Guadiana (ES) catchments, Ph.D. thesis, Wageningen University, The Netherlands, 203
2. Hisdal H., L. M. Tallaksen (Editors). 2000. Drought Event Definition, Technical Report to the ARIDE project № 6, 41
3. Aleksandrov, V. (Redaktor). 2011. Metodi za monitoring, otsenka i vzaimodeystvie na sushata v Bulgariya, Drought Management Centre for Southeastern Europe, Sofiya, 216
4. Tallaksen, L.M. & van Lanen, H.A.J. (Eds.). 2004. Hydrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Developments in Water Science, 48, Elsevier Science B.V., 579
5. Drumeva-Antonova G. 2015. Otsenka na zasushavaneto na podzemnite vodi spored izmenenieto na tehните niva, International scientific on-line journal "SCIENCE & TECHNOLOGIES", Vol. V, № 4, Technical studies, 42-46
6. Bhuiyan, C., R.P. Singh, F.N. Kogan. 2006. Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation ,8, 289–302
7. Mendicino, G., A. Senatore, P. Versace. 2008. A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate, Journal of Hydrology, 357, 282– 302
8. Bloomfield, J. P., B. P. Marchant. 2013. Analysis of groundwater drought building on the standardized precipitation index approach, Hydrol. Earth Syst. Sci., 17, 4769–4787
9. Wanders, N., H. van Lanen, A. van Loon. 2010. Indicators for drought characterization on a global scale, Technical Report No. 24, WATCH, Wageningen University, The Netherlands, 93
10. Drought Preparedness and Response Plan – Upper Shenandoah River Basin. 2012. CSPDC, 35
11. Tallaksen, L.M., H. Madsen, B. Clausen. 1997. On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume, Hydrological Sciences Journal, 42,15-33

12. Adhikary, S., S. Das, G. Saha, T. Chaki. 2013. Groundwater Drought Assessment for Barind Irrigation Project in Northwestern Bangladesh, 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, 2917-2923
13. Liesanne, V. 2005. Drought definitions for groundwater recharge, groundwater depth and streamflow: Poelsbeek and Bolscherbeek catchments (the Netherlands), Thesis Hydrology and Quantitative Water Management, HWM-80427 (minor, 27 ECTS), Wageningen University, The Netherlands, 69
14. Kuo-Chin, H., W. Chung-Ho, Ch. Kuan-Chih, Ch. Chien-Tai, M. Kai-Wei. 2007. Climate-induced hydrological impacts on the groundwater system of the Pingtung Plain, Taiwan, *Hydrogeology Journal*, 15, 903–913
15. Bailing, L., M. Rodell, B. Zaitchik, R. Reichle, R. Koster, T. van Dam. 2012. Assimilation of GRACE Terrestrial Water Storage into a Land Surface Model: Evaluation 1 and Potential Value for Drought Monitoring in Western and Central Europe, 46
16. Polemio, M., D. Casarano. 2008. Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy, *The Geological Society Special Publications*, 288, 39-51
17. ПУРБ 2016-2021 Източнобеломорски район
18. Benderev, A. D., T. Orehova, E. Bojilova. 2008. Some aspects of groundwater regime in Bulgaria with respect to climate variability. In: Dragoni, W. and Sukhija, B. S. (Eds.), *Climate Change and Groundwater*. Geological Society, London, Special Publications 288, 13-24
19. Orehova, T., E. Bojilova. 2001. Impact of the Recent Drought Period on Groundwater in Bulgaria, 29th IAHR Congress Proceedings, China, 2001, 1-6
20. Orehova, T., V. Pavlova. 2014. Groundwater drought in Northeast Bulgaria and the SPI index, *Proceedings of the XXVI Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management*, Deggendorf, Germany, 335-338
21. Drumeva-Antonova, G., K. Nacheva. 2016. Opredelyane na sterenta na zasushavane na podzemnite vodi spored izmenenieto na tehните niva, *Sbornik dokladi V-ta nauchna konferentsiya "Geografski nauki i obrazovanie" – Shumenski universitet, gr. Shumen*, 118-123
22. Drumeva-Antonova, G. 2017. Otsenka na zasushavaneto v hidrogeolozhki aspekt, *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie "Geografiya, regionalno razvitie i obrazovanie" – Shumenski universitet, gr. Shumen, noemvri 2017, SocioBrains - online magazine, pod pechat*