

СУБМАРИННИ ИЗВОРИ ПО БЪЛГАРСКОТО ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ

Кристина Гърциянова

SUBMARINE SPRINGS ON THE BULGARIAN BLACK SEA COAST

Kristina Gartsyanova

Резюме: Подводните извори привличат вниманието на хората още в дълбока древност. Първоначално интересът е бил насочен към подводните пресноводни източници известни днес като „субмаринни източници” и обикновено се използвали за питейни цели и напояване. Установено е, че освен сладка вода от дълбочинните (олигоценски) разломи постъпват и въглеводородни газове познати днес като „подводни газови извори”. Черно море се разглежда като една от най-наситените области със субмаринни извори и газоотделящи структури в световен мащаб. В статията се прави изследване на състоянието на субмаринните извори по българското черноморско крайбрежие и на възможностите за тяхното локализиране и практическо използване.

Ключови думи: хидрогеология, субмаринни извори, българско черноморско крайбрежие, Черно море

Abstract: Submarine springs have attracted people's attention from ancient times. Initially, the interest was directed to submarine groundwater known today as „submarine sources” and were commonly used for drinking and irrigation purposes. It has been found that fresh water from deep (Oligocene) faults has been found to be entering hydrocarbon gases known today as "submarine gas springs". The Black Sea is regarded as one of the most saturated areas with submarine springs and gas separating structures in the World. The article examines the status of submarine springs along the Bulgarian Black Sea coast and the possibilities for their localization and practical use.

Keywords: hydrogeology, submarine springs, Bulgarian black sea coast, Black Sea

Въведение

„Във вливащата се в океана прясна вода, има нещо вълишебно и вдъхновява въображението на хората“ N. Moosdorf.

В хода на развитие на човешката цивилизация природният феномен „подводни природни извори” привлича вниманието на хората, като интересът е насочен основно към практическото използване на водата. Според сведенията в литературните източници „подводните пресноводни извори” са известни на човека от около 3000 години и са използвани предимно за питейна вода и напояване. Описани са множество случаи, когато преди много векове хората, особено в районите с недостиг на водни ресурси, с помощта на различни средства и техники проучват и добиват прясна вода от морето [1]. Понастоящем в редица страни, въпреки техническите затруднения при сондиране в морето и икономическата ефективност се прилагат нови технологии за установяване и извличане на прясна вода от подводни извори. Все още в съвременната научна литература се изразяват противоположни мнения относно възможността за използване на субмаринните пресноводни извори като неизчерпаем воден ресурс. Подводните пресноводни източници се откриват в различни части на света, като такива са установени и в българския сектор на Черно море. Необходимо е да се подчертае, че практическото използване на подводните води,

включително и тези по българското черноморско крайбрежие, може да бъде реализирано, след направена оценка на експлоатационните запаси и извършване на проучвания относно възможностите за тяхното приложение.

В статията се прави изследване на субмаринните пресноводни извори по българското черноморие и на възможностите за тяхното локализиране и практическо използване. В изпълнение на поставената цел е направена кратка характеристика на подводните извори, черноморския басейн и българското черноморско крайбрежие.

Черно море и българско черноморско крайбрежие

Българските изследвания върху природата на Черно море датират от края на 20-те години на XX в. Първите публикации имат преди всичко описателен характер и засягат географията, хидрографията, биологията, хидрологията и хидрохимията на морската вода. През втората половина на 50-те години на XX в. започват да се провеждат първите систематични геофизични изследвания на Черноморския басейн и в частност неговото западно крайбрежие, с цел изучаване на строежа на седиментния комплекс и на консолидираната земна кора. Усъвършенстваните методиспомагат през следващите години да продължат изследванията на релефа на черноморското дъно и формираните върху него наслаги. През 1969 г. екип от американски океанолози провежда комплексни изследвания на Черноморската котловина и установява, че солеността на поровите води в дънните утайки на дълбочина до 2 m е по-ниска от солеността на останалата морска вода и правят извода, че тези отложения са образувани при почти пресноводни условия [2]. Във връзка с изучаването на природните процеси в Черно море през 1973 г. е създаден Институтът за морски изследвания и океанология (днес Институт по океанология „Проф. Фритъф Нансен” към Българска академия на науките). С цел търсене на нефт и газ в акваторията на българския черноморски шелф в периода 1960 - 1984 г. съвместно с руски организации са извършени редица проучвания. От 1990 г. под концесия на няколко чуждестранни компании са отдадени части от акваторията на шелфа, континенталния склон и абисалното дъно. От 2004 г. се извършва добив на природен газ от находище “Галата”, което е почти изчерпано, а през 2009 г. са открити две нови находища - „Каварна” и „Калиакра” [3, 4]. През последните години научните изследвания по българското черноморско крайбрежие продължават, като те са свързани основно с решаването на фундаментални и научно-приложни проблеми в съответствие с националните приоритети и световните тенденции.

Географската област, в която се разполага Черноморският басейн е с географски координати $40^{\circ}55'$ и $46^{\circ}32'$ с. ш. и $27^{\circ}27'$ и $41^{\circ}42'$ и. д., а площта му възлиза на $421\,638\text{ km}^2$ (без площта на Азовско море, определяно според някои източници за черноморски лиман). Максималната дълбочина на Черно море е 2245 m. До дълбочина 50–60 m сезонните температурни промени са най-големи. Средната соленост е около 18 ‰. Дължината на бреговата линия на Черно море, която е слабо нарязана възлиза на 4869 km^2 , а в българския участък – 414 km^2 [5]. Черно море се характеризира със следните морфоложки елементи - брегова зона, шелф, континентален склон, континентално подножие и котловинно (абисално) дъно. Трябва да се обърне внимание, че най-мощните водоносни хоризонти (Мизийския хидрогеоложки регион) разпространени на шелфа са - *сарматският, еоценският и валанж–горноюрският*. Подземните води формираны във водоносните хоризонти се дренират в шелфа. *Сарматският водоносен хоризонт* е формиран на малка дълбочина (50–100 m), водите му са пресни с обща минерализация 0,4–0,8 g/l и температура 15–18°C. Този водоносен хоризонт се дренира на морското дъно между Дуранкулак и Балчик. Напорен водоносен хоризонт се е формирал в пясъчливите и варовикови седименти на *долния и*

средния еоцен на Варненската депресия и Провадийското плато. Водите му са пресни с обща минерализация 0,38–1,0 g/l и температура 20–30 °C. Различната дълбочина (при Варна - 450 m, при к. к. “Златни пясъци” - 700 m и в Добруджанското плато - 250 m) на залегане на водоносният хоризонт се определя от наличието на блоково–разломни структури. *Валанж–горноюрският* напорен водоносен хоризонт е най-дълбоко залегащия, като средната дебелина на вместващия карбонатен комплекс на сушата е средно 810 m., водите на валанж–горноюрския водоносен хоризонт са термални с температура до 52 °C и имат обща минерализация 0,72 g/l. [2]. В резултат от еволюцията на Черноморския басейн и във връзка с настоящото изследване трябва да се отбележи, че в морската вода са разтворени редица химични елементи под формата на макрокомпоненти, мезокомпоненти, микрокомпоненти (включително и биогенни елементи), разтворени газове и органични вещества. Съставът на морската вода значително се различава от този на речната. В морската вода преобладават хлоридните (Cl⁻) аниони, по-малко е количеството на хидрокарбонатните (HCO₃⁻) и карбонатните (CO₃²⁻) аниони, а в речните води тяхното съотношение е обратното. Съдържащите се в морската вода газове се образуват в резултат на: обмена с атмосферата, от речния отток и от дейността на живите организми. Разпространени са азота (N₂), кислорода (O₂), въглеродният диоксид (CO₂) и инертните газове аргон (Ar), хелий (He), неон (Ne), криптон (Kr), ксенон (Xe) и др. Сероводородът (H₂S) в Черно море се образува в придънните слоеве, по разломните линии, от калните вулкани на дъното, както и разрушаващите се газохидратни извори. При анаеробни условия в резултат на бактериалното разлагане на дъното се образуват и други газове като метан например. Установени са и многобройни извори на метанов газ по разломите в резултат на активно газоотделяне от дълбоките земни недра. Калните вулкани представляват геоложки структури от финнозърнести утайки и съдържат достатъчно количество вода и газ, които могат да се извличат [6, 7]. Съществуват предположения, че етиленът и етанът постъпват в морската вода вследствие на разрушаване на нефтогазови залежи и газохидрати в морските утайки. Газохидратите са енергиен ресурс – основна алтернатива на нефта и газа. Практическото значение на споменатите по-горе субмаринни извори като суровини се определя преди всичко от технологичните възможности за техния добив.

Подводни извори – същност, образуване и разпространение

Подводните извори познати още като „субмаринни” представляват хидрологичен процес на вливане на подземни води в морето. Обикновено тези извори са свързани с приморски карстови райони. Карбонатните скали – варовици, доломити и мрамори са почти винаги напукани или се поддават лесно на химическо изветряне. Особено благоприятни условия за формиране на подземни води се създават във варовиковите скали. В създадените различни по размери и форми пукнатини, канали, галерии и др., циркулират непрекъснато подземни води, които „потъват” докато достигнат до най-ниската точка под морското равнище. Дълбочината на проявление на тези извори варира от 0 m до 150 m. По състав вливащите се в морето води, могат да бъдат пресни и солени, като солеността се променя в зависимост от валежите и режима на подземните води. На практика местопроявлението на подводните извори се определя от хидравличния наклон между сушата и морското ниво, като самото „изливане” на подземните водни потоци се осъществява по три основни начина: като насочен поток по разломи в карстови зони, като диспергиран поток в „меки” седименти или като рецикулация на морска вода в морските седименти. Субмаринните извори играят важна роля в крайбрежните биогеохимични процеси и хидрологични цикли, и обикновено са изключително богати на хранителни вещества [8, 9, 10, 11, 12]. Там

където се смесват прясната и солената вода, водата изглежда мътна, а поради по-малката плътност сладката вода естествено се издига към повърхността, образувайки сладководни мехурчета, които създават „кипящо” впечатление (Фиг. 1а, 1б, 1в).



Фиг. 1а, 1б, 1в. Проявление на подводни пресноводни извори.

Според N. Moosdorf „изворите” са горещи точки за риболовци и гмуркачи поради изобилието си от различни видове риба”. Авторът прави изводът, че „в много райони подводните пресноводни източници са значими и културно важни за хората” [1]. Субмаринни източници на прясна вода са открити в различни части на света - по крайбрежието на САЩ (Флорида, Калифорния), о. Куба, Бахамските и Хавайските острови, о. Барбадос, о. Таити, о. Фиджи, по крайбрежието на Чили, Перу, Австралия, Япония, по крайбрежието на Северно море (Саленбург), по средиземноморското крайбрежие - Франция, Испания, Италия, Гърция, Ливан, Либия, Израел, по адриатическото крайбрежие - Италия (Триест), Албания, Хърватска, Черна гора, а също така и по черноморското крайбрежие - Грузия, Румъния, България и др. [3, 13]. Днес въпреки особената си значимост за някои райони, освен подводните пресноводни извори, а също така и крайбрежните екосистеми са застрашени предимно от замърсяване в резултат от дейността на човека. В този смисъл и във връзка с развитието на съвременните отрасли на океанологията (инженерство, практическа океанология, промишлена океанология, космическа океанология) и с цел ефективно използване и опазване на ресурсите, включително и на субмаринните пресноводни извори на световния океан, е необходимо, учените и съответните държавни органи на местно и национално ниво да осъществяват непрекъснат мониторинг и контрол върху тях.

Субмаринни източници по българското черноморско крайбрежие

Съществува хипотеза според която заедно с въглеродородните газове от дълбочинните (олигоценски) разломи постъпва и сладка вода. Проявленията на въглеродороден газ във вид на естествени подводни газови извори са известни на морските ни изследователи от 1951 г. Още тогава от Геологопроучвателното предприятие Варна установяват въглеродородния произход на газовете. През 1964 г. се извършва първото подводно проучване на газовите извори, в района на „Аладжа

банка” (к. к. „Златни пясъци”) и залива под н. Калиакра (местност „Зеленка”). Изследването има задача проучване на подводни сладководни извори. По-подробни проучвания на подводните газови извори са извършени през 1975-76 г. от изследователските групи – на СУ „Св. Климент Охридски” и на Института по океанология БАН Варна. Обобщаването и анализирането на взетите проби, измерените дебети, както и направените изводи относно генезиса на газопроявленията са извършени от П. Димитров и др. [3]. Газовите извори, освен за добив на прясна вода и газ служат и за ранно известяване на земетресения в активни райони като Калиакренско–Шабленската сеизмична зона например [14]. По-късно в резултат на продължаващите изследвания подводни (субмаринни) източници на прясна вода са открити на много места по българското черноморие. Дългогодишните изследвания на солеността на морската вода в акваторията около н. Калиакра (приблизително 11-12 ‰) на практика доказват наличието на подводно вливане на пресни води. Съществуват данни за подводни извори и във Варненското езеро. В крайбрежната зона са констатирани аномалии в солеността от 15–16 ‰ (при фонові стойности 16,5 ‰). По разломните линии предимно със субмеридионално направление опресняването на морската вода (13–14 ‰) е най-голямо. Отчетливо аномално опресняване на крайбрежните морски води е установено в Балчишкия залив и Резовския каньон [2]. Освен разликите в солеността, за установяване на подводни пресноводни вливания се използват и регистрираните температурни отклонения [3]. Температурните аномалии на морската вода в шелфа се причиняват от дренирането на пресни студени и термални подземни води. Разликата в температурата е вследствие на различията във физикохимичните параметри на подземните и морските води. При термопрофилиране проведено през 1986 и 1988 г., е установено, че по отношение на подводното дрениране на подземни води най-интересна е зоната между к.к. “Златни пясъци” и н.Калиакра. Положителните температурни аномалии са много показателни за дълбочинното подводно дрениране на валанж–горноюрските подземни води. В района между Каварна и н. Калиакра се фиксират три резки температурни аномалии с абсолютна температура на придънния воден слой 20–23 °С (при фонові стойности 16–18 °С), разположени над субмеридионални тектонски нарушения.

Проучванията на редица учени сочат, че една част от водите на образувалите се в приморска Добруджа карстови извори се изливат субмаринно в Шабленското и Езерецкото езеро, както и в езерата при Ваклино и Блатница, а друга част от подземните води се вливат в морето [3,15,16,17,23].

Във връзка с проучването и усвояването на пресноводните извори от морето през последните 15-20 г. както в редица страни по света, така и у нас непрекъснато нарастват възможностите за прилагане на съвременни технологии. Обикновено изследванията обхващат комплекс от дейности като: – геоложки проучвания – наблюдения със сателит (поради това че сладката вода е по-лека от солената, при издигането си към повърхността, тя създава топлинни и биологични аномалии), – проучване с летателни апарати, снабдени с инфрачервени камери (осигурява цялостно картографиране, при което всяка аномалия е геореферирана с по-висока точност). За локализиране на изворите на морското дъно се използват: – океанографски кораби, чрез които се разполагат сонди за соленост и акустични сензори, – водолази и роботи [18]. В технологичен план усвояването и използването на подводните газови извори, за добив на газ и прясна вода се осъществява чрез сондиране и каптиране. В България сондирането все още е скъп процес, изискващ специална техника и апаратура, а крайният резултат няма гарантиран положителен успех. През 1990 г. в Института по Океанология - БАН, е предложен единственият патентован метод за каптиране на подводните газови източници и съпровождащата ги прясна вода [19, 20, 21, 22].

Предложената конструкция е приложима в хидротехническото строителство за изграждане на съоръжения, подложени на големи натоварвания във водна среда в плитководни и дълбоководни акватории [24].

Изводи

Подводните извори на прясна вода са изключителен източник на природен ресурс и съществуват по целия свят, включително и по българското черноморско крайбрежие. Най – често тяхното образуване и проявление е свързано с карстови приморски райони. Днес с оглед на запазване на съвременната морската среда, прилаганите методи и технологии, както и използваните средства за локализиране и добиване на субмаринните пресни води не генерират замърсяване, като напълно отговарят на глобалните политики за устойчиво развитие на морските територии. Проблемът с практическото използване на пресните води произтича преди всичко икономическата ефективност при тяхното извличане.

Литература

1. Moosdorf, N., T. Oehler. Societal use of fresh submarine groundwater discharge: An overlooked water resource. *Earth-Science Reviews*, 2017. ISSN 0012-8252.
2. Пейчев, В., Д. Димитров. Океанология. Изд. Онгъл – Варна, 2012. ISBN 978-954-8279-82-6.
3. Траянов, Т. Възможности за използване на нискодебитни подводни извори на природен газ и каптиране на прясна вода от дъното на черно море. Известия на съюза на учените – Варна, сер. Екология, 1999-2000.
4. Траянов, Т. Възможност за каптиране и усвояване на подводни газови извори. III Научна конференция – „Екология, икономика и жизнена среда на Черноморския регион. СУ-Варна, сб. 1993.
5. Stanchev, H. et al. 2011. Determination of the Black Sea area and coastline length using GIS methods and LANDSAT 7 satellite images. *Geo-Eco-Marina*. Bucharest, 17, 27 – 31.
6. Димитров, Л., А. Василев. Субмаринни газови извори и газоотделящи структури в Черно море и техният принос към метана в атмосферата. 50 години Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски”, т. 46, св. I, Геология и геофизика, С, 2003.
7. Димитров, Д., Ив. Генов, Е. Кожухаров. Алтернативни суровинни и енергийни ресурси от дъното на Черно море. Тр. на инст. по океанология 1-2 Том 4. Варна, 2003.
8. Fleury, P., M. Bakalowicz, G. Marsily. Submarine springs and coastal karst aquifers a review. *Journal of Hydrology*, 2007, p.79-92.
9. Spiteri, Cl., C., Slomp, M., Charette, K., Tuncay, Ch., Meile. Flow and nutrient dynamics in a subterranean estuary (Waquoit Bay, MA, USA): Field data and reactive transport modeling, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 72, Issue 14, 2008.

10. Slomp, C., Ph. Van Cappellen. Nutrient inputs to the coastal ocean through submarine groundwater discharge: controls and potential impact", *Journal of Hydrology*, Vol. 295, Issues 1–4, 2004.
11. Moore, W. Large groundwater inputs to coastal waters revealed by ²²⁶Ra enrichments, *Nature*, Vol. 380, 1996.
12. Charette, M., Ed. Sholkovitz. Trace element cycling in a subterranean estuary: Part 2. Geochemistry of the pore water, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 70, Issue 4, 2006.
13. Zektser, I., R. Dzhamalov. Submarine groundwater. Taylor and Francis, 2019. ISBN 9780367390266
14. Димитров, О., Д. Пърличев, Н. Добрев. Сеизмо-прогностични аспекти на информацията за релефа и тектониката на Българското Черноморие. ГИ-Инженерна геология и хидрогеология-БАН, 31, С., 2017.
15. Мандев, П. Геология и геохимия на нефта и газа. С. 1975.
16. Рождественски, А., Черно море и крайбрежните езера. В, 1963.
17. Рождественски, А. Хидрохимия на българския сектор на Черно море. С. 1986.
18. <http://en.marinetech.fr/Water-production>.
19. Траянов, Т. Метод и устройство за измерване на дебити на естествени подводни газови извори. Морски научен форум. Т.1, 2001.
20. Траянов, Т. Устройство за каптиране на подводни газове извори. Патент за изобретение рег. № 92580/01.08.1990.BG62499B1.
21. Траянов, Т. Метод за монтиране на устройства за каптиране на подводни газови извори. Патент за изобретение рег. №92737/24.08.1990.BG61880B1.
22. Траянов, Т. Метод за измерване и оценка на дебити на естествени подводни газови извори. Известия на съюза на учените – Варна, сер. Екология, 2009-2010.
23. Коев, Е. The coastal karst lakes in Bulgaria. SocioBrains, 41, 2018. ISSN 2367-5721.
24. Георгиев, Г. Добив на природен газ от естествени плитководни газоизточници пред брега на к.к Златни пясъци. Изв. на съюза на учените, Варна. Сер. Морски науки, 2018. ISSN 1314-3379.

За контакти:

гл. ас. д-р Кристина Гърциянова
Национален институт по геофизика, геодезия и
география - БАН
e-mail: krisimar1979@gmail.com