

<https://doi.org/10.61308/FAAO6906>

## Дифузни източници на замърсяване на подземните води в интензивен земеделски район в Южна България

Цецка Симеонова

Селскостопанска академия, Институт по Почвознание, Агротехнологии и Защита на Растенията „Н. Пушкиarov“ 1331, София, ул. Шосе Банкя, 7

E-mail: [cecka\\_simeonova@abv.bg](mailto:cecka_simeonova@abv.bg)

**Резюме:** Проведен е мониторинг на подземни и повърхностни води през периода 2018-2019 г., в с. Цалапица, гр. Пловдив, върху Алувиално-ливадна почва (Fluvisol). В схемата на изследване са включени различни начини на земеползване, които отразяват голямото разнообразие от антропогенно натоварване на агроecosystemите при земеделски дейности – овощни градини, лозя, оризища, обработваеми площи с отглеждане на полски и интензивни култури (т. нар. дифузни или неточкови източници). Водни проби от обследваните кладенци и повърхностните води в пилотния обект са вземани два пъти годишно. Установено е, че водите от кладенците под обработваемите земи се характеризират в повечето случаи с алкална реакция и съдържание на химични елементи под или близо до ПДК. Наблюдавано е, че повечето от изследваните елементи са повлияни от антропогенно натоварване и различното земеползване. Резултатите показват, че съдържанието на нитратен азот в плитките подземни води, варира в широки граници и зависи от разположението на изследваните кладенци. Установена е следната последователност в промяната на концентрациите на нитрати - зеленчукови площи > оризови полета > обработваеми ниви > трайни насаждения и др., в зависимост от начините на земеползване. Необходимо е провеждане на дългосрочен мониторинг за разбирането на динамиката и трансформацията на азот във водите и протичащите сложни биохимични процеси в агроecosystemата, особено в уязвими райони с леки по механичен състав почви, плитски подземни води и при интензивна земеделска дейност.

**Ключови думи:** антропогенно натоварване; земеползване; химичен състав; подземни води; дифузни източници

## Diffuse pollution sources of groundwater in an intensive agricultural area in Southern Bulgaria

Tsetska Simeonova

Agricultural Academy, Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection “N. Poushkarov”, Shouse Bankja 7, 1331 Sofia, Bulgaria

E-mail: [cecka\\_simeonova@abv.bg](mailto:cecka_simeonova@abv.bg)

**Citation:** Simeonova, Ts. (2024). Diffuse pollution sources of groundwater in an intensive agricultural area in Southern Bulgaria. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 61(1), 59-67 (Bg).

**Abstract:** The monitoring was conducted of groundwater and surface water in the period of 2018-2019 year, on Tsalapitsa village, near city of Plovdiv on Alluvial-meadow soil (Fluvisol). In the scheme of study were included different land use, which reflect the great variety from loading in agroecosystems under agricultural activities - orchards, vineyards, rice fields, fields, where are grown cereals and intensive crops (diffuse or nonpoint sources). Water samples from wells in the pilot survey site were taken twice a year. It was found that the waters from wells under arable lands were characterized in most cases by alkaline reaction and content of chemical elements under or near to the maximum permissible concentration for drinking water. It was established that most of the studied

elements are influenced by anthropogenic load and different land use, especially when growing vegetables. Data show that the nitrate nitrogen content in the shallow groundwater varies in a wide range, depending on the location of the studied wells. It was found that change in the nitrate concentrations depending on the land use is in the following order - vegetable crops > rice fields > arable fields > orchards etc. It's necessary conducting long-term monitoring to understand the dynamics and transformation of nitrogen in waters and the ongoing complex biochemical processes in the agro-ecosystem, especially in vulnerable areas with soils that are light in mechanical composition, shallow groundwater and with intensive agricultural activity.

**Keywords:** anthropogenic loads; land use; chemical composition; groundwater; diffuse sources

## ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години земеделието се определя като един от най-значимите площни източници на антропогенно натоварване на почвите и водите с широк кръг от негативни въздействия върху околната среда, главно чрез отделените емисии на азот и измиване на нитрати, но също и от използваните пестициди и други препарати, прилагани в земеделието (Kourakos et al., 2012; Jankowski et al., 2018; Ahmad, et al., 2021). В световен мащаб 43% от консумираната вода, използвана за напояване е от подземни води (Siebert et al., 2010), докато в нашата страна много по-голям процент от подземните води се използват за питейно-битови нужди, поради което решаването на проблема за опазване качеството на водите има не само икономически, но и социален характер. Химичният състав на водите зависи от много фактори – геоложкият характер на областта, почвени, климатични фактори – интензивност и количество валежи, релеф, използвани земеделски практики, съчетани с интензивно торене и напояване, неправилно внасяне на оборски тор и др. Териториите се замърсяват и натоварват както от дифузни (площни) така и от точкови източници на замърсяване. Точковите източници на замърсяване могат да се установят сравнително бързо, докато при площните, поради тяхната пространствена екстензивност и времевата несигурност на замърсяването е трудно да се получи точна информация за замърсителите с цел превенция и контрол (Wang et al., 2022). В своето проучване (Bijay-Singh &

Craswell 2021) установяват, че поради сложната връзка между земеползването, използваните торове, валежите, различните начини на напояване, динамиката на азота в почвата и почвените характеристики, точното количествено определяне на просмукването на нитрати в повърхностните и подземните водни тела е много сложна и предизвикателна задача. Излишъкът от азот, които се намират в почвата продължава да остава достъпен за културите, както и за измиване към подпочвените води поне още пет десетилетия, но дори и краткосрочните промени в земеползването и внасянето на торовете могат да намалят в различна степен износа на нитратен азот от агроecosystemите (Castellano & David 2014). През последните 20 години редица държавни стратегии и мерки в Европа се изпълняват с цел регулиране употребата и загубите на азот от земеделието, поради което още през 1991 година страните от ЕС приемат Нитратната Директива (Directive 91/676/ЕЕС).

Целта на изследването е да се установи влиянието на различните начини на земеползване (дифузните източници на натоварване) върху химичния състав на подземните води, които са застрашени от замърсяване в резултат от земеделска дейност.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

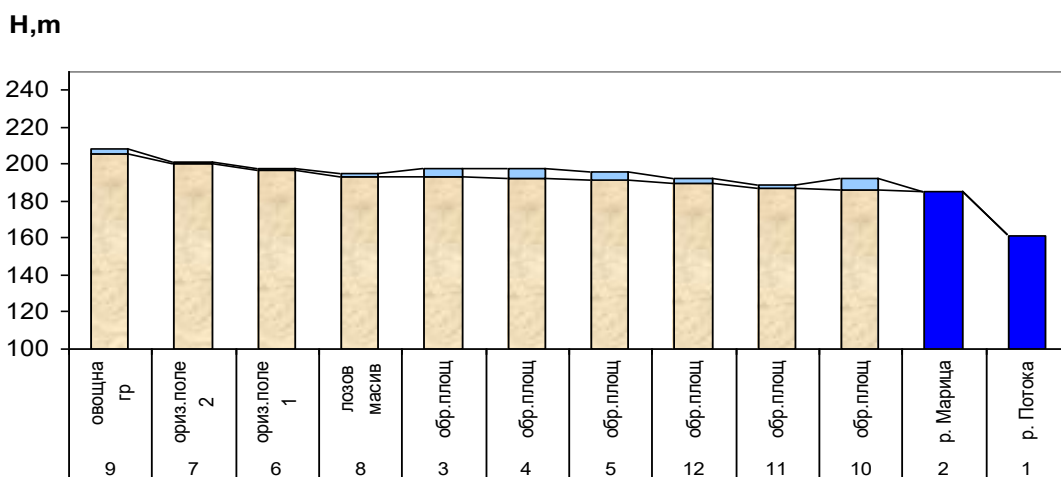
Проведено е теренно проучване на водоизточниците през периода 2018-2019 г. в района на с. Цалапица, Пловдивско. Обследваните кладенци са разположени под обработваеми

земи, като са разгледани различни начини на земеползване- обработваеми площи с отглеждане на житни, окопни и зеленчукови култури, оризища, лозови и овощни насаждения (Фигура 1). Водни проби от обследваните кладенци и повърхностни води са вземани два пъти годишно (през пролетния и през есенния период), съгласно нормативните документи (Regulation № 2 of 13.09.2007, O.G 27/11.03.2008). За контрола са използвани водите от централното водоснабдяване на населеното място. Подземните води са плитки, като за изследвания период варират от 2,5 до 5,5 m. Взети са проби и от повърхностни води – р. Марица и Потока. Водите са анализирани за стойности на pH, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Arinushkina, 1970; Page et al, 1982). Анионите са определени на спектрофотометър (“Spectroquant Pharo”). В района на водосбора почвата е Алувиално-ливадна (Eutric Fluvisol, WRB, 2015, FAO). Този тип почва се използва за интензивно земеделие, което я прави подходяща за целите на изследването. Почвеният профил е с лек механичен състав, слаба водозадържаща способност и доста висока водопропускливост -26 cm/h за 30-180 cm почвен слой, попадаща към хидравлична група А с висок коефициент на филтра-

ция - Kf 7.25 m/d (Stoichev et al., 1980; Mateva et al., 1982; Stoicheva et al., 2006). При тази почва се осъществява сравнително висок водообмен между пластове, което създава условия за активна миграция на химични елементи по профила. Повърхностният хоризонт се характеризира със слабо кисела реакция pH (H<sub>2</sub>O) = 6.0, ниско съдържание на общ азот (0.052 %), нисък катионнообменен капацитет (до 23.11 cmol.100g<sup>-1</sup>), и съдържание на хумус 1.23 % (Stoichev, 1997). Агрехимичните характеристики на Алувиално-ливадната почва са съдържание на минерален азот 21.25 mg kg<sup>-1</sup>, достъпни фосфор и калий съответно 7.50 и 10.20 mg 100 g<sup>-1</sup> за слой 0-30 cm. Климатът в района е с горещо и сухо лято и мека зима и неравномерно разпределение на валежите (Levicharska, 1991). Районът се характеризира със средногодишни валежи от 507 mm през 2018 г и 454 mm през 2019 г. Средната годишна температура на въздуха е 12.5-12.8°C., през юли – 23.4, през януари е около нула градуса.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Обектът на теренните проучвания попада в така наречените “уязвими зони” по отно-



Фигура 1. Разположение на кладенците по надморска височина в изследвания водосбор, Цалапица, Пловдивско

Figure 1. Location of the wells by altitude in the studied watershed, Tsalapitsa, Plovdiv region

шение на риска от замърсяване на плитките подземни води с нитрати от земеделски източници. Рискът от замърсяване е определен като висок въз основа на някои почвени, климатични характеристики и хидроложки особености на терена.

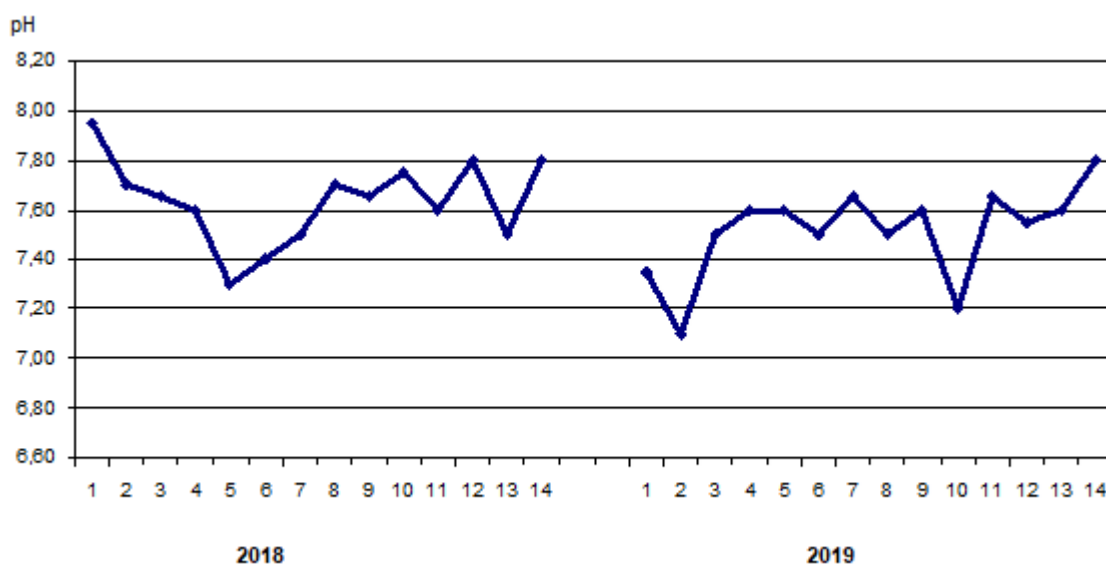
Според изследователи, понеже е трудно да се локализируют неточковите източници на замърсяване на плитките подземни води е необходимо фокусиране върху анализът и тенденцията на замърсяване от земеделска дейност с комбинирано прилагане на методи за оценки, чрез сравняване на получените данни от анализите със стандарта за качество на водите (Wang et al., 2021). Химическият състав на подпочвените води зависи от протичащите взаимодействия между подземните води и скалите, настъпили по време на тяхната хидрогеохимична еволюция, и тази информация може да осигури основа за по-добро разбиране на качеството на подземните води и рационалното използване на водните ресурси ( Shi et al., 2017 ). Резултатите показват, че концентрациите на повечето йони във водоносния хоризонт имат широки пространствено-времеви вариации и са податливи на влияния на околната среда и антропогенното

натоварване от земеделска дейност (Liu et al., 2022). Проучванията показват, че върху състава и хидрохимичните характеристики на водите оказват значително влияние и начините на земеползване, където се установяват съществени разлики в химичния състав на подпочвените води при различните земеделски площи, пасищни площи и естественият ландшафт (Guo et al., 2015; Nobrega et al., 2018; Zhang et al., 2019; Nyilitya et al., 2020; Ijioma 2021).

Констатирано е, че изследваните плитките подземни води са от неутрални до слабо алкални. Стойностите на рН за 2018 г. са в близки граници 7.3-7.85, а през 2019 г. - от 7.2 до 7.8., с нисък коефициент на вариация през целия изследван период (Фигура 2).

От резултатите за съдържанието на катиони във водите се установява, че според концентрациите им те се подреждат в следната последователност:  $Ca^{2+} > Na^{+} > Mg^{2+} > K^{+}$ . Съдържанието на калия, през мониторинговия период е с близки стойности, но варирането е двойно по-голямо през 2019 г. (62 %) в сравнение с 2018 г. (Таблица 1).

Натрият варира в границите от 22.98 до 62.44 mg.l<sup>-1</sup>, през 2018 г. и от 15.20 до 68 mg.l<sup>-1</sup> през 2019 г. (Фигура 3). Установено е ниско



Фигура 2. Стойности на рН в обследваните водоизточници през 2018 - 2019 г., с. Цалапица, Пловдивско

Figure 2. pH values in the studied water sources during 2018 - 2019, Tsalapitsa village, Plovdiv region

съдържание на този елемент в повърхностните води (т. 1 и 2 на фигурата). Наблюдава се нарастване на съдържанието му във водоизточниците (т. 9 - 12), особено през 2019 г., когато и коефициентът на вариране на натрия е по-висок - 56 %. Натрият е елемент с висока геохимична подвижност и транзитен статус в геохимичния кръговрат на елементите. По-високата му пространствена вариация може би се дължи на зависимостта му от фак-

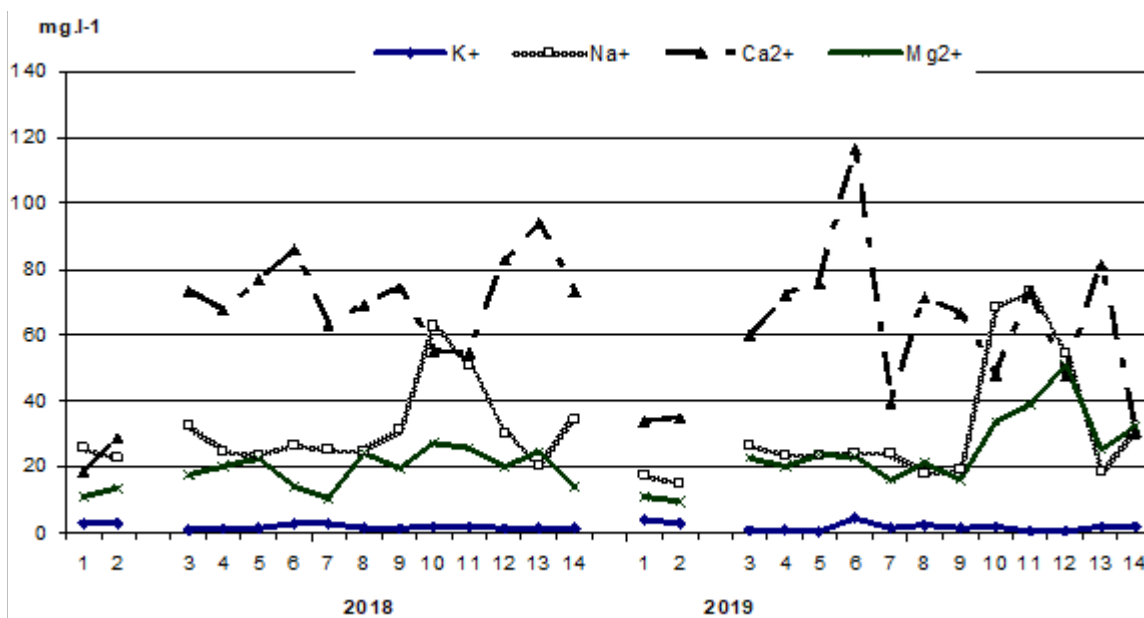
торите на околната среда и антропогенното натоварване.

Данните за съдържание на двувалентните катиони показват най-високи стойности при калция (достигайки до 116.10 mg.l<sup>-1</sup>) и по-силно вариране в сравнение с 2018 г. (Таблица 1). През целия изследван период не се превишават пределно допустимите концентрации за съдържание на калций в питейни води (ПДК-150 mg.l<sup>-1</sup>, Regulation № 9 of 16.03.2001).

**Таблица 1.** Среден химичен състав (mg.l<sup>-1</sup>) на подземните води през 2018-2019 г. Цалапица, Пловдивско

**Table 1.** Average chemical composition (mg.l<sup>-1</sup>) of groundwater in 2018-2019. Tsalapitsa. Plovdiv region

2018	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>
mean	7.65	2.02	32.40	65.54	19.10	19.13	265.75	18.31	127.50
stdv	0.17	0.69	11.72	20.79	5.60	10.68	61.59	10.78	24.42
CV %	2	34	36	31	29	55	23	59	19
2019									
mean	7.50	1.92	33.79	60.79	24.74	29.29	303.99	21.28	112.54
stdv	0.19	1.19	19.23	23.56	11.24	16.67	76.84	12.04	43.08
CV %	2.5	62	56	39	45	60	25	56	38



**Фигура 3.** Съдържание на калий, натрий, калций и магнезий (mg.l<sup>-1</sup>) във водоизточниците от района на с. Цалапица, Пловдивско

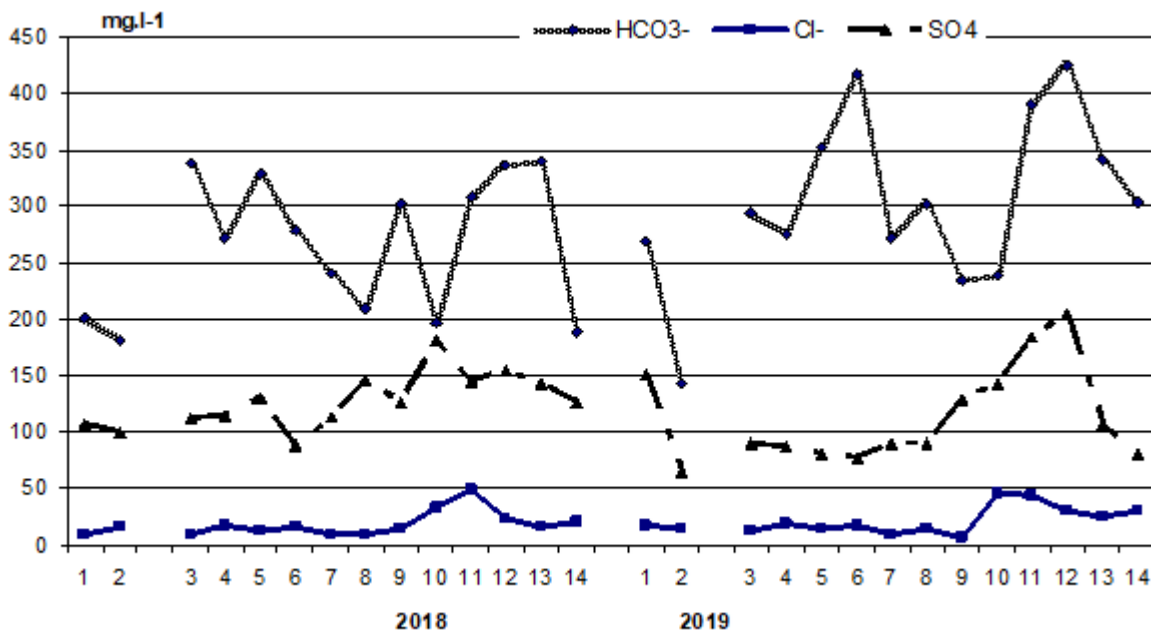
**Figure 3.** Content of potassium, sodium, calcium and magnesium (mg.l<sup>-1</sup>) in water sources from the area of the village of Tsalapitsa, Plovdiv region

Наблюдавано е, че в повърхностните води съдържанието на калций е 2-3 пъти по-ниско в сравнение с обследваните кладенци. Съдържанието на магнезия във водите е около 2-3 пъти по-ниско в сравнение с калция и също не превишава ПДК от 80 mg.l<sup>-1</sup>.

Получените данни показват, че доминиращият анион е HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, чиито стойности се движат от 180 до 338 mg.l<sup>-1</sup> (средно 265.75 mg.l<sup>-1</sup>) през 2018 година и са в границите от 142 до 416 mg.l<sup>-1</sup> (средно 303,99 mg.l<sup>-1</sup>) през 2019 г. (Фигура 4). Варирането и през двата периода е 23-25 %, което показва относителната стабилност на този елемент във водоносните хоризонти. Установено е, че хлорът е с близки средни стойности - между 18 и 21 mg.l<sup>-1</sup>, но варира в границите 56-59 % през целия изследван период. Подобен коефициент на вариация е отчетен и при нитратният анион (CV -55-60 %).

Наблюдавано е, че концентрациите на нитрати през 2018 година са от 8.20 до 42.75 mg.l<sup>-1</sup>, докато през 2019 г., се увеличават и достигат от 14 до 69 mg.l<sup>-1</sup>. Установено е освен това, че

в повърхностните води стойностите на нитрати са 4-5 пъти по-ниски и през двата изследвани периода (Фигура 5) и се движат в границите между 5 и 12 mg.l<sup>-1</sup>. По отношение на процентното разпределение на нитратните аниони се наблюдава, че през 2018 г., 66 % от обследваните кладенци съдържат нитрати в диапазона 0-25 mg.l<sup>-1</sup>, и 34 % от тях са в границите 25-50 mg.l<sup>-1</sup>. Констатирано е, че през този период, нито един от кладенците не превишава ПДК от 50 mg.l<sup>-1</sup> за съдържание на нитрати в питейни води. През 2019 г., обаче 42 % от обследваните водоизточници имат концентрации от 25 до 50 mg.l<sup>-1</sup> и в 16 % от тях се съдържат нитрати над ПДК. През периода на 2019 г., в част от обработваемите площи са отглеждани зеленчукови и окопни култури, които изискват по-интензивно напояване, обработки и торене, в сравнение с предишният период на 2018 г., когато са отглеждани и полски култури с по-ниски торови норми и без напояване. Промяната на земеползването предполага регулиране на съдържанието



Фигура 4. Съдържание на хидрокарбонати, хлор и сулфати (mg.l<sup>-1</sup>) във водоизточниците от района на с. Цалапица, Пловдивско

Figure 4. Content of hydrocarbonates, chlorine and sulfates (mg.l<sup>-1</sup>) in water sources from the area of the village of Tsalapitsa, Plovdiv region

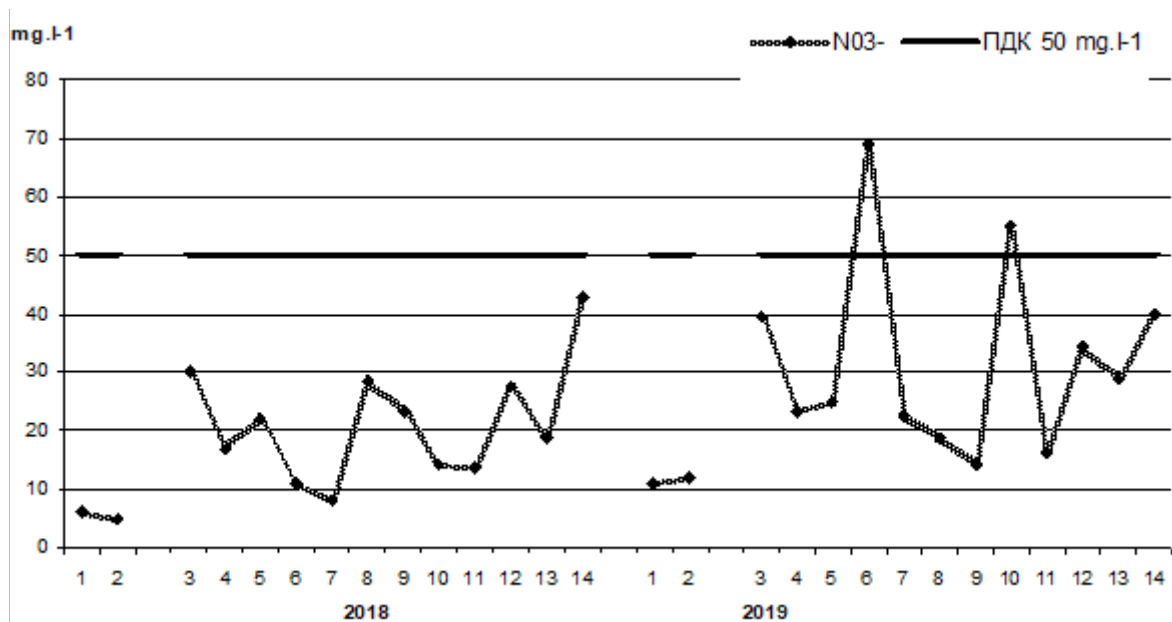
на нитратен азот по профила и редуцирането му в плитките подземни води в условията на конкретния водосбор. В подобно изследване (Simeonova et al., 2014), установяват също по-ниски концентрации на нитрати в пробонаборните точки, които се намират на големи масиви и обработваеми земи, където на обширни площи са отглеждани трайни и полски култури.

Някои изследователи Yang et al. (2010) смятат, че поради трудности при идентифициране на неточковите източници на замърсяване, получените данни от мониторинга за качеството на повърхностните и подземни води предоставят съществена информация за тяхното състояние и влиянието на земеползването и антропогенното натоварване. Друг начин е използването на индикатори, особено в урбанизирани територии и райони със смесено земеползване. С тяхна помощ е възможно да се идентифицира в значителна степен дали натоварването на дадена територия се дължи на биологични процеси (Yue et al., 2017; Lee et al., 2022) или на антропогенно замърсяване. Според авторите, произходът на замърсяването с азот може да се оценени въз основа на

съотношението  $[NO_3-N]/[Cl]$ , понеже  $NO_3-N$  и  $Cl^-$  са с частично или изцяло антропогенен характер (Lee et al., 2022). Полученото съотношение за изследвания период е 0.32, което показва смесеният характер на натоварването, което може да се дължи, както от земеделска дейност, така и от урбанизираните територии.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведеното изследване се констатира, че повърхностните и плитките подземни води имат от неутрално до алкална реакция и хидрокарбонатно - калциев състав. Установено е, че според концентрациите на катионите в обследваните водоизточници те се подреждат в следната последователност:  $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+$ , които са с по-висока пространствена вариация през 2019 г. Наблюдавано е, че съдържанието на нитрати в плитките подземни води варира значително в границите (CV- 55-60%) през 2018-2019 г. Констатира се, че по-голяма част от изследваните елементи са чувствителни към антропо-



**Фигура 5.** Съдържание на нитрати (mg.l<sup>-1</sup>) във водоизточниците от района на с. Цалапица, Пловдивско  
**Figure 5.** Nitrate content (mg.l<sup>-1</sup>) in water sources from the area of the village of Tsalapitsa, Plovdiv region

погенното наторване и различното земеползване. Въпреки повишаване на съдържанието им през 2019 г., те са под или на границата на ПДК. Установено е, че концентрацията на нитратен азот е по-висока при отглеждане на зеленчукови култури, след това намалява при обработваемите площи с полски култури, овощните градини и оризовите полета, докато през 2019 г., е отчетено увеличение в оризовите и в зеленчуковите площи. Промяната на земеползването предполага регулиране на съдържанието на нитратен азот по профила и редуцирането му в плитките подземни води в условията на конкретния водосбор, така например - по-ниски стойности на азот се установяват при трайни насаждения и полски култури. Необходимо е провеждане на дългосрочен мониторинг за разбирането на динамиката и трансформацията на азот във водите и протичащите сложни биохични процеси в агроecosystemата, особено в уязвими райони с леки по механичен състав почви и при интензивна земеделска дейност.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Национална научна програма “Опазване на компонентите на околната среда и намаляване на риска от неблагоприятни явления и природни бедствия” - 1.3. „Качество на националните водни ресурси (повърхностни и подземни води)“, одобрена с решение № 577 / 17.08.2018 г и Министерство на образованието и науката (Споразумение № ДО- 230/06-12-2018).

## ЛИТЕРАТУРА

- Ahmad, W., Iqbal, J., Nasir, M. J., Ahmad, B., Khan, M.T., Khan, S.N. &...Adnan S. (2021). Impact of land use/land cover changes on water quality and human health in district Peshawar Pakistan. *Sci Rep.*, 11, 16526 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96075-3>
- Arinushkina, E.V. (1970). *Guidelines of Chemical Analysis of Soil*. Izd. MGU, Moscow, 1970, p. 487 (Ru).
- Bijay-Singh & Craswell, E. (2021). Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: an increasingly pervasive global problem. *SN Appl. Sci.*, 3, 518. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04521-8>
- Castellano, M. J. & David, M. B. (2014). Long-term fate of nitrate fertilizer in agricultural soils is not necessarily related to nitrate leaching from agricultural soils. *Proc Natl Acad Sci.*, 111:E766–E766. <https://doi.org/10.1073/pnas.1321350111>
- Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrate from agricultural sources. European Council, 1991. [https://environment.ec.europa.eu/topics/water/nitrates\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/water/nitrates_en)
- Guo, F., Jiang, G., Polk, J. S., Huang, X., & Huang, S. (2015). Resilience of groundwater impacted by land use and climate change in a karst aquifer, South China. *Water Environment Research*, 87(11), 1990-1998.
- Ijioma, U. D. (2021). Delineating the impact of urbanization on the hydrochemistry and quality of groundwater wells in Aba, Nigeria. *J. Contam. Hydrol.*, 240, 103792, [10.1016/j.jconhyd.2021.103792](https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2021.103792)
- Jankowski, K., Neill, C., Davidson, E. A., Macedo, M. N., Costa, C., Galford, G. L., Santos, L. M., Lefebvre, P. Nunes, D., Cerri, C. E. & McHorney, R. (2018). Deep soils modify environmental consequences of increased nitrogen fertilizer use in intensifying Amazon agriculture. *Sci Rep.*, 8:13478. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31175-1>
- Kourakos, G., Klein, F., Cortis, A. & Harter, T. (2012). A groundwater nonpoint source pollution modeling framework to evaluate long-term dynamics of pollutant exceedance probabilities in wells and other discharge locations. *Water Resour. Res.*, 48(6), <https://doi.org/10.1029/2011WR010813>
- Lee, Ch-M., Kim, Y., Kim, M. Su., Kim, H-K. & Hamm, S-Y. (2022). Characterizing shallow groundwater contamination depending on different land use types. *Episodes*, 45(4), 403-415, <https://doi.org/10.18814/epi-ugs/2021/021036>
- Levicharska, E. 1991. *Climate of Bulgaria*. – Publishing House of Bulgarian Academy of Science, Sofia, p. 449 (Bg).
- Liu, M., Xiao, Ch., Liang, X. & Wei, H. (2022). Response of groundwater chemical characteristics to land use types and health risk assessment of nitrate in semi-arid areas: A case study of Shuangliao City, Northeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 236, 113473. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113473>
- Mateva Hr., Stoichev, D. & Ahchiiski, P. (1982). Study of the migration of nitrates under the conditions of intensive agriculture in different soil types. *Proceedings of Second Symposium “Technical progress in water supply and purification of natural waters”*, Varna, Bulgaria, September, 1982, 1, 28-39 (Bg).
- Nóbrega, R. L., Guzha, A. C., Lamparter, G., Amorim, R. S., Couto, E. G., Hughes, H. J., ... & Gerold, G. (2018). Impacts of land-use and land-cover change on stream hydrochemistry in the Cerrado and Amazon biomes. *Science of the Total Environment*, 635, 259-274.



- Nyalitya, B., Mureithi, S. & Boeckx, P.** (2020). Land use controls Kenyan riverine nitrate discharge into Lake Victoria - evidence from Nyando, Nzoia and Sondu Miriu river catchments. *Isot. Environ. Health Stud.*, 56 (2), 170-192, 10.1080/10256016.2020.1724999
- Page, A. L., Miller, R. H. & Keeney, D. R.** (1982). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. In: *Soil Science Society of America*, Vol. 1159, Madison, Wisconsin, USA.
- Regulation № 9 of 16.03.2001** on the quality of water intended for drinking and domestic purposes (Bg).
- Regulation № 2 of 13.09.2007** on the protection of waters against pollution by nitrates from agricultural sources, Official Gazette 27 /11.03.2008 (Bg).
- Shi, Z., Liao, F., Wang, G., Xu, Q. Mu, W. & Sun, X.** (2017). Hydrogeochemical characteristics and evolution of hot springs in Eastern Tibetan Plateau Geothermal Belt, Western China: insight from multivariate statistical analysis. *Geofluids*, 2017, 1-11, 10.1155/2017/6546014
- Siebert, S., Burke, J., Faures, J.-M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. & Portmann, F. T.** (2010). Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1863–1880, doi:10.5194/hess-14-1863-2010.
- Simeonova, Ts., Benkova, M., Nenova, L. & Stoicheva, D.** (2014). Impact of agricultural practices on the nitrate contain in groundwater and surface water. *Proceedings of Second Scientific Conference with International Participation „Theory and Practice in Agriculture“*, 22-24.11.2013, Yundola, Bulgaria, 269-274 (Bg).
- Stoicheva, D., Kercheva, M. & Stoichev, D.** (2006). Nitrogen distribution in vadose zone Geotechnics and some Bulgarian soils, *5 th ICEG Environmental Geotechnics and Opportunities, Challenges and Responsibilities for EG: Proceedings of the 5 ICEG, UK*, 1256-1263.
- Stoichev, D., Atanassov, I. & Glogov, L.** (1980). Vertical movement of nitrogen in Alluvial-meadow soil. *Soil Science and Agrochemistry*, v. 4, 10-17 (Bg).
- Stoichev, D.** (1997). Some ecological aspects of the anthropogenic loading on the soils. Dr Sc. Dissertation, Sofia, Bulgaria, 312 (Bg).
- Wang, H., Yiang, Q., Ma, H. & Liang, Ji.** (2021). Chemical compositions evolution of groundwater and its pollution characterization due to agricultural activities in Yinchuan Plain, northwest China. *Environmental Research*, v.200, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111449>
- Wang, G., Cuicui Lv., Congke Gu, Yang, Yu., Yang, Zh., Zhang, Zh. & Tang, Ch.** (2022). Pollutants Source Assessment and Load Calculation in Baiyangdian Lake Using Multi-Model Statistical Analysis. *Water*, 14 (21), 3386. <https://doi.org/10.3390/w14213386>
- WRB** (2015) World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. IUSS Working Group International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Yang, Y., Yan, B. & Shen, W.** (2010). Assessment of point and nonpoint sources pollution in Songhua River Basin, Northeast China by using revised water quality model. *Chin. Geogr. Sci.* 20, 30–36 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11769-010-0030-3>
- Yue, F.-J., Li, S.-L., Liu, C.-Q., Zhao, Z.-Q. & Ding, H.** (2017). Tracing nitrate sources with dual isotopes and long term monitoring of nitro-gen species in the Yellow River, China. *Scientific Reports*, v. 7, 8537. doi:10.1038/s41598-017-08756-7
- Zhang, H., Gao, Z., Shi, M., Fang, S., Xu, H., Cui, Y. & Liu, J.** (2019). Study of the effects of land use on hydrochemistry and soil microbial diversity *Water*, 11 (3) (2019), 10.3390/w11030466

Received: August 23 2023; Approved: October 20 2023; Published: February 2024