Специфични особености при инженерно-геоложките и хидрогеоложки проучвания за изграждане на гробищни паркове в страната: пример за района на Велинград

Мирослав Кръстанов¹, Росен Нанкин¹

¹Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria;
e-mail: miro_k@geology.bas.bg; r_nankin@mail.bg

Krastanov, M., R. Nankin. 2018. Particular engineering and hydrogeological studies for construction of cemetery parks in the country: example of Velingrad region. *Engineering Geology and Hydrogeology*, 32, 23-30.

Резюме. Главната цел на проведените проучвания е да се изяснят инженерногеоложките и хидрогеоложките условия в района на Чепинската котловина във връзка с разширението на гробищен парк град Велинград.

При проектиране на нови гробищни паркове е необходимо да се познават добре инженерногеоложките и хидрогеоложките условия на района, в който ще се позиционират. Пренебрегването на тези условия може да доведе до неблагоприятно въздействие върху околната среда и най-вече върху качествения състав на подземните води.

Поради геоморфоложката и геоложка специфика на проучвания район, попадащ в алувиалните отложения на реките Чепинска и Мътница и техните притоци, както и съгласно изискванията на "Наредба № 2 от 21 април 2011 г. за здравните изисквания към гробищни паркове (гробища) и погребването и пренасянето на покойници" (ДВ. бр.36 от 10 май 2011 г.), чл. 6, ал. 1, т. 4, подпочвените води трябва да са на дълбочина най-малко 0,5 m под изкопното ниво на гробните места. Тези условия и изисквания налагат необходимостта да се обърне специално внимание на типа на седиментите от зоната на аерация, тяхната водопропускливост, дълбочината на залягане на подземните води и качествения им състав. Важен показател за установяване на въздействие от гробищните паркове върху подземните води е съдържанието на мангановите йони.

За постигане на поставените цели са прокарани 4 броя моторни сондажа и три шурфа. Извършени са опитно водочерпене и 6 инфилтрационни теста (водоналивания) в зоната на аерация, както и изпитване за химичния състав на подземните води и зърнометричен анализ на 7 броя нарушени почвени проби.

Ключови думи: инженерногеоложки условия, хидрогеоложки условия, качество на подземни води, коефициент на филтрация, гробищни паркове.

Abstract. The main purpose of this investigation is to clarify the engineering and hydrogeological conditions in the Chepinska valley area in connection with the extension of the graveyard park of the town of Velingrad.

During the designing of new cemeteries, it is necessary to take into account the engineering and hydrogeological conditions of the area in which they will be located. Ignoring these conditions may lead to adverse effects on the environment including groundwater quality.

Because of the nature of the location, in the alluvial deposits of the Chepinska and Malka Matnitsa rivers and their tributaries and the requirements of Ordinance No. 2 of 21 April 2011 "on

the health requirements for cemetery parks and the burial and transfer of the deceased" (SG 36 of 10 May 2011), the groundwater level shall be at least 0.5 m deeper below burial sites. In line with these requirements, special attention should be paid to the type of sediments in unsaturated zone, their permeability, depth to the groundwater level and groundwater quality. The main indicator for determining the impact of cemetery parks on groundwater is the content of manganese ions.

In order to achieve the set goals, four boreholes and three exploratory pits have been constructed. Experimental water abstraction and six infiltration tests in unsaturated zone were carried out as well as a test for the chemical composition of groundwater and a grain size analysis of seven soil samples.

Keywords: Engineering geological conditions, hydrogeological conditions, groundwater quality, hydraulic conductivity, cemetery parks.

Въведение

Изграждането на нови или разширяването на съществуващи гробищни паркове води до неблагоприятно въздействие върху околната среда, което се отразява главно върху плитко залягащите седименти и подземните води.

Настоящата статия обобщава резултатите от извършените полеви и лабораторни изследвания в района на гробищния парк на град Велинград през месец април 2018 г. Получените резултати имат важно значение за изясняване на въздействието на гробищните паркове върху качеството на подземните води и условията, на които трябва да отговарят от геоложка гледна точка.

Съгласно изискванията на "Наредба № 2 от 21 април 2011 г. за здравните изисквания към гробищни паркове (гробища) и погребването и пренасянето на покойници", чл. 6, ал. 1 (4), подпочвените води трябва да са на дълбочина най-малко 0,5 m под изкопното ниво на гробните места.

Тези обстоятелства налагат извършването на специализирани инженерно-геоложки и хидрогеоложки проучвания за установяване и оценка на степента на тези въздействия. Такива проучвания бяха извършени във връзка с предвижданото разширение на гробищен парк на гр. Велинград.

Целта на статията е да представи проблемите и вида на проучвателните дейности, свързани с такъв вид строителство, както и превантивните дейности за предотвратяване на неблагоприятни екологични катастрофи на примера на проведените проучвания във връзка с разширението на гробищен парк – гр. Велинград.

Местоположение и геоморфология

Изследваната територия е разположена в ЮЗ периферия на гр. Велинград (фиг. 1), който се намира в Чепинската котловина, която е част от Баташкия блок, попадащ в Западнородопската морфоструктурна област (Kane, 1989). Предвижданото разширение на парка е 10 дка.

В геоморфолошко отношение изследваният обект попада в пределите на междуречния масив на реките Чепинска и Мътница. Разположен е в негативната форма на релефа на местно дере, което е позиционирано на десния (източен) бряг на река Чепинска. Релефът е равнинен със средна надморска височина от 742 m (фиг. 2).

Изследваният район е изграден от алувиалните материали, отложени от реките Чепинска и Малка Мътница.

Изграждането на нови или разширяването на съществуващи гробищни паркове води от своя страна до агресивно въздействие върху околната среда. Това въздействие се отразява главно върху плитко залягащите литоложки разновидности и подземните води. Тези обстоятелства налагат извършването на специализирани инженерногеоложки и хидрогеоложки проучвания за установяване и оценка на степента на тези въздействия.

Фиг. 1. Местоположение на проучвания район.
Fig. 1. Location of the study area.

Фиг. 2. Местоположение на проучвателните изработки.
Fig. 2. Situation of research works

Геолого-тектонски условия

Геоложият строеж в района е представен от скали с кватернерна, неоген-кватернерна, палеозойска и докамбрийска възраст (Kozhoukharov et al., 1990,

1992). Пряко отношение към настоящата разработка имат седиментите с кватернерна възраст и алувиален произход. При извършените проучвателни дейности дебелината на кватернерните отложения не бе премината до 10 m дълбочина.

Кватернерът е представен от алувиалните (русови и на заливните тераси) чакъли, валуни, пясъци, глинести пясъци и глини на реките Чепинска и Малка Мътница. Тези седиментни скали изграждат разглеждания терен повсеместно. Чакълите, пясъците и глините се редуват неравномерно в разрезите (фиг. 3), като издържани пластове са пясъците и чакълите, докато глинестите разновидности се срещат под формата на лещи или изклиняващи прослойки.

Тектонският строеж на района го характеризира като активна в тектонско отношение зона, която продължава своето развитие и в днешни дни. Той представлява част от Чепинската тектонска единица, която в района на Велинград е запълнена от кватернерно-неогенски седименти и е оформена през късноалпийско време. Основните разломни структури са от възседно-навлачен характер, като в зоните на срязване имат крехко-пластичен характер. В тези зони скалите са интензивно тектонски обработени – смачкани, огънати, брекчирани или смлени до тектонски глини (Kozhoukharov et al., 1990, 1992). Те се явяват проводник на минералните подземни води, на каквито е богат изследваният район (Antonov et al., 1962).

Методи на изследване

При изпълнение на поставените цели са извършени полеви и лабораторни изследвания. Полевите методи включват прокаране на четири броя моторни сондажи и три шурфа. Три от проучвателните сондажи са изградени и оборудвани като пиезометри за проследяване на водните нива. В пиезометър МС-1 е проведено водочерпене с хоризонтална помпа до достигане на стабилизация на водното ниво и проследяване на покачването на подземните води след водочерпенето. Нивата на подземните води при извършване на опитите са отчетени с електрически нивомер. Обработката на резултатите от опитно-филтрационните изследвания е направена по метода на Джейкъб (Galabov, Stoyanov, 2005).

За определяне на хидрогеоложките параметри на пластове от зоната на аерация на водоносния хоризонт са направени три броя шурфа, във всеки един от тях бяха проведени по два опита за определяне на коефициента на филтрация в зоната на аерация и инфилтриращата способност на покриващите пластове. За определяне на тези параметри е използван мини дисков инфилтrometer на американската компания Decagon Devices, Inc.

Лабораторните изследвания включват зърнометричен анализ на 7 броя нарушени почвени проби съгласно БДС EN ISO 14688-2 и химичен анализ на водна проба.

Инженерногеоложки условия

Проучвателните изработки на територията на гробищния парк са показани на фиг. 2, като четирите моторни сондажи са с обща дълбочина 40 m. Шурфовете имат различна дълбочина, от които най-дълбокият е 3,2 m.

Въз основа на извършените полеви дейности през април 2018 г. са отделени основно две разновидности, като първата е поделена на два пласта, докато втората е разделена на четири (фиг. 3).

Разновидност № 1 е представена от седименти с холоценска възраст (Qh), които имат естествен (почвен слой - пласт 1.1) и антропогенен (насип - пласт 1.2) произход. Пласт 1.1 е разпространен повсеместно и изгражда горните 20 до 30 cm от геоложкия разрез. Представен е от глини, тъмнокафяви на цвят, средно-до твърдопластични, с растителна коренова система. Пласт 1.2 изгражда терена по източния бряг на дерето и е установен в една от проучвателните изработки,

Фиг.3. Инженерногеоложки разрез.
Fig.3. Engineering geological cross section.

където достига до дълбочина от 2,4 m. Изграден е от непланово насипани глинести пясъци и дребни пясъци, прахови, кафяви, прослоени на места от глина.

Разновидност № 2 обединява пластовете, изграждащи речните (алувиални) отложения (Qal), чиято дебелина при извършеното проучване до 10-ия метър не бе премината. Разновидността е поделена на четири пласта, представени от чакъли, пясъци и глина в сложни пространствени взаимоотношения, изграждащи разрез (фиг. 3). Редуването е неравномерно, при което дребните и глинестите пясъци и чакъли имат пространствена издържаност, докато глините се срещат под формата на лещи или изклиняващи прослойки и рядко като издържани тънки пластовете.

Пласт 2.1 е изграден от глина, прахови, средно- до мекопластични, на места прехожда в пясъчливи глина. Установява се във всички изработки под формата на тънки изклиняващи прослойки и лещи с дебелини от 0,30 до 1,8 m обикновено в пласт 2.2. От пласта е изследвана една проба за зърнометричен състав, която го определя като **siCl (прахова Глина)** съгласно БДС EN ISO 14688-2.

Пласт 2.2 е представен е от разнорънестни пясъци, средно сбити до рахли, кафяво-бежово-сиви. Пластът изгражда горните зони на разреза, като има дебелини от 0,30 до 4,00 m. При лабораторните изследвания пластът се определя като **siSa (прахов Пясък)** и **sacSi (пясъчлив глинест Прах)** съгласно БДС EN ISO 14688-2.

Пласт 2.3 обикновено изгражда долните части от разреза, като се характеризира с непостоянни дебелини, вариращи от 0,8 до 4,5 m. Изграден е от чакълести и едри пясъци до пясъчливи чакъли, средно сбити. Лабораторните изследвания го определят като **grSa (чакълест Пясък)** съгласно БДС EN ISO 14688-2.

Пласт 2.4 има ограничено разпространение в разреза с малка дебелина от 0,40 m. Изграден е от пясъчливи глина до глинести пясъци, тъмносиви, средно- до мекопластични.

Хидрогеоложки условия

Проучваният район попада на територията на Велинградската котловина в границите на Рило-Родопската хидрогеоложка област (Antonov et al., 1962).

Водоносните хоризонти са формирани основно в пясъчните пластовете, които са изолирани помежду си от по-заглинени материали. В хидродинамично отношение те са ненапорни в горната част на комплекса и слабо напорни в

дълбочина. Подхранването се осъществява от валежи и пукнатинни води от фланговете на котловината (Antonov et al., 1962).

За определяне на хидрогеоложките параметри на водоносния хоризонт беше проведено водочерпене с хоризонтална помпа до достигане на стабилизация на водното ниво в пиезометър МС-1 с дълбочина 9,20 m от кога терен и проследяване на покачването на подземните води след водочерпенето. Установеното водно ниво в пиезометъра е на дълбочина 2,82 m от повърхността на терена и има абсолютна кога 737,08 m.

При проведеното водочерпене с дебит от $Q = 0,324$ l/s с продължителност от 180 минути е постигнато стабилизирано понижение от 0,95 m на 45-та минута. Водите са безнапорни до полунапорни, порови по тип. Пиезометърът е несъвършен, а дебелината на разкрития водоносен хоризонт е 5,70 m. По данните от филтрационния тест за средна проводимост на водоносния пласт в проучвания район е получена стойност от $T_{cp} = 61,5$ m²/d, а за коефициента на филтрация е $K_{\phi} = 10,7$ m/d.

За определяне на хидрогеоложките параметри на покриващите пластовете на водоносния хоризонт са направени три броя шурфове, като във всеки един от тях бяха проведени по два опита за определяне на коефициента на филтрация в зоната на аерация и инфилтриращата способност на покриващите пластовете. За определяне на тези параметри е използван мини дисков инфилтrometer на американската компания Decagon Devices, Inc.

Инфилтrometerът е подходящ за измервания на място поради компактния си размер и малкото количество вода, необходима за работата му. Той е подходящ за измерване на хидравличните свойства на ненаситена почвена среда. Направеният опит 1 в шурф 1 с инфилтrometerа е показан на снимка 1.

Получените резултати за коефициента на филтрация в зоната на аерация чрез мини дисков инфилтrometer са дадени в таблица 1.

Таблица 1. Стойности на коефициента на филтрация в зоната на аерация, получени чрез мини дисков инфилтrometer (Decagon Devices, Inc.)

Table 1. Hydraulic conductivity values for vadose zone obtained by the Mini Disk Infiltrimeter (Decagon Devices, Inc.)

Опит №	Изработка	Пласт №	Дълбочина на опита, m	Дълбочина на водното ниво, m	Коефициент на филтрация, m/d
1	Шурф-1	2.1	1,00	2,05	0,01
2	Шурф-1	2.1	1,80		0,09
3	Шурф-2	2.2	1,10	2,20	0,83
4	Шурф-2	2.2	2,15		0,48
5	Шурф-3	2.3	1,00	>4,00	2,88
6	Шурф-3	2.1	3,00		0,01

Хидрохимичната характеристика на водата, изразена чрез формулата на Курлов, има вида:

$$F_{0,19} M_{0,32} \frac{HCO_3^- 68,04}{Ca^{2+} 60,19} \frac{SO_4^{2-} 28,10}{Mg^{2+} 22,73} pH 6,57 t 14,3^{\circ}C$$

При извършения химичен анализ на изследваната водна проба подземните води се определят като хидрокарбонатно – сулфатно – калциево – магнезиеви (фиг. 4).

Снимка 1. Теренен изглед на опит №1 в шурф № 1 на дълбочина 1,00 m от кота терен
 Picture 1. View to the exploratory pit № 1 at a depth of 1.00 m (experiment №1).

Фиг. 4. Кръгова графика на резултатите от хидрохимичния анализ
 Fig. 4. Pie chart of the results of hydrochemical analysis

Съдържанието на мангановите йони е $2547 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ или около 50 пъти над прага на замърсяване, съгласно НАРЕДБА № 1 от 10.10.2007 г. за проучване, ползване и опазване на подземните води (ДВ, бр. 87 от 30.10.2007 г.) и НАРЕДБА № 9 от 16.03.2001 г. за качеството на водата, предназначена за питейно-битови

цели (ДВ. бр. 30 от 28 март 2001 г.), като стойността на допускателна концентрация на мангановите йони е $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. Съдържанието на желязни йони също е леко завишено.

Изводи

Въз основа на извършените картировки могат да се направят следните изводи и да се дадат препоръки към обема и начина на проучване на гробищни паркове:

- Разширяването или изграждането на нови гробищни паркове водят до неблагоприятно въздействие върху околната среда и в частност до влошаване на качеството на подземните води;
- При изграждане на нови гробищни паркове е важно да се знае дълбочината на залегане на подземните води, филтрационните свойства на седиментите от зоната на аерация, видът и наименованието на почвата и качеството на подземните води;
- От извършения химичен анализ се установява завишено съдържание на манганови и желязни йони. При проучване на гробищни паркове, като индикатор за замърсяване на плитко залегащите подземни води, може да се използва съдържанието на мангановите йони. В района на проучвания участък съдържанието на мангановите йони е $2547 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ или около 50 пъти над прага на замърсяване;
- Подходящи материали за изграждане на гробищни паркове са седиментите от пласт 2.1, представени от прахови глини siCl с коефициент на филтрация $0,01 \text{ m/d}$;
- При изграждане на гробищни паркове в алувиални отложения, какъвто е настоящият случай, е необходимо да се вземат превантивни мерки за недопускане покачване на подземните води до нивото на гробищните ями и инфилтриране на дъждовни води през тях в дълбочина.

Литература

References

- Antonov, Hr., N. Boyadjiev, D. Danchev, I. Iliev, P. Petrov, N. Plotnikov. 1962. Hydrogeological subdivision of Bulgaria. Works on the Geology of Bulgaria, Ser. Engineer. Geol. and Hydrogeol., 1, 5-212 (in Bulgarian, with Russian and English abstracts).
- Galabov, M., N. Stoyanov. 2005. *Groundwater dynamics*. Publishing house "V. Nedkov", Sofia, 202 p. (in Bulgarian).
- Kanev, D. 1989. *Geomorphology of Bulgaria*. University Press "Kliment Ohridski", Sofia, 322 p. (in Bulgarian).
- Kozhoukharov, D., R. Dimitrova, N. Katzkov. 1990. *Geological map of Bulgaria on Scale 1: 100 000. Pazardzhik Map Sheet*. Geology and Mineral Resources Committee, Enterprise of Geophysical Survey and Geological Mapping.
- Kozhoukharov, D., R. Dimitrova, N. Katzkov. 1992. *Explanatory note to the Geological Map of the Republic of Bulgaria on Scale 1:100 000. Pazardzhik Map Sheet*. Geology and Mineral Resources Committee, Enterprise of Geophysical Survey and Geological Mapping, 54 p.

Постъпила: 01.10.2018

Приета: 17.12.2018

Received: 01 October 2018

Accepted: 17 December 2018