Приложение на геоелектрични проучвания при изучаване на хидрогеоложките условия в карстови райони

доц. дгн Стефан Димовски[1], доц. д-р Николай Стоянов[2]

1 – Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, dimovski@mgu.bg
2 – Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, nts@mgu.bg

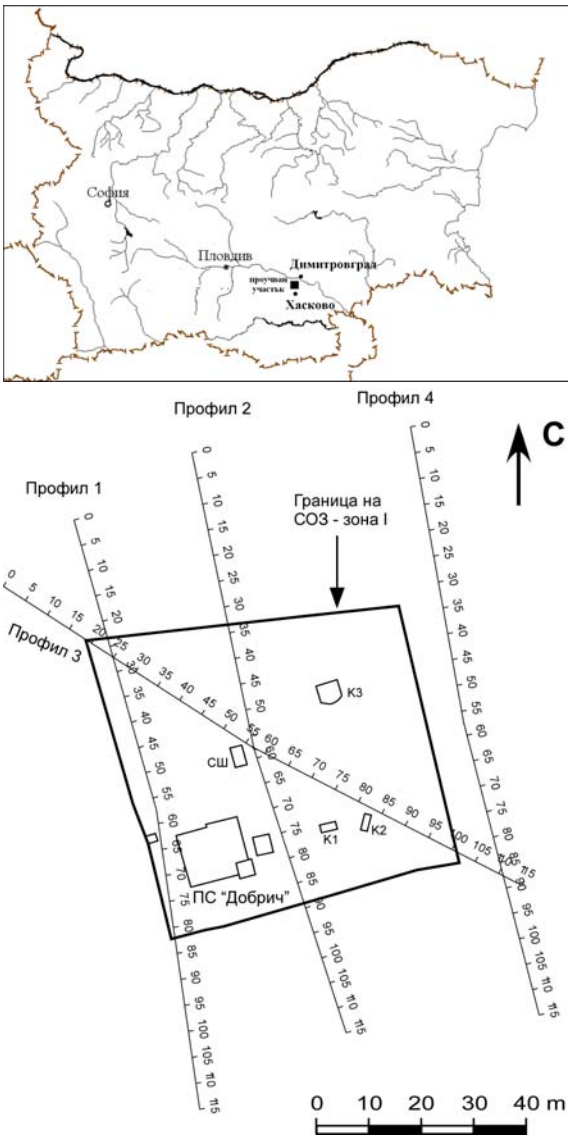
Ключови думи: електротомография, карст,

Application of geoelectrical surveying for studying hydrogeological conditions in karst regions

Stefan Dimovski, Nikolay Stoyanov

Abstract. The efficiency of the application of electrotomography surveying for detailed geoelectrical mapping of near-surface geological section is illustrated by a descriptive example. The options for differentiation of the section according to electrical resistivity, provided by the method, are discussed. The application of electrotomography surveying in cases of presence of karst features is demonstrated. The presented results are confirming the geological effectiveness of the discussed approach for data acquiring, analysis and interpretation.

Цел и методика на проведените проучвания



Фигура 1. Разположение на геоелектричните профили района на ПС "Добрич"

Обект на изследване е геоложкият разрез в района на карстовия извор "Света Богородица". Изворът се намира на около 1 km на юг от с. Добрич, Хасковско. Той дренира основната водоносна структура в района – триаския пукнатинно-карстов водоносен хоризонт. Триаският хоризонт е формиран в мраморния комплекс на Сремската свита. Мраморният комплекс е изграден от чисти доломитни и калцитни мрамори, които са в различна степен напукани и окарстени. За долен водоупор служат скалите на Устремска свита (пясъчници и шисти). Горната граница на мраморния комплекс е повърхност на продължителна седиментна прекъснатост. Върху нея лежат глинести и глинесто-песъчливи седименти с неогенска и кватернерна възраст. В границите на настоящето проучване геоложкият разрез е представен главно от в различна степен напукани и окарстени мрамори, припокрити от делувиална покривка с дебелина 3-5 m.

Следва да се отбележи, че триаският водоносен хоризонт има сравнително добра водообилност. Той се дренира от извор "Света Богородица" и от множество извори ("Терс дере", "Далака", "Касърец" и др.) с общ дебит 20-30 l/s. Повечето от изворите са каптирани и се използват за питейно-битово водоснабдяване.

Извор "Света Богородица" е "разсеян" тип естествено изходище – подземните води се дренират на площ от около 1 дка. За нуждите на питейното водоснабдяване на околните селища то е каптирано с три каптажни камери (К-1, К-2 и К-3) – вж. Фигура 1. Водата от тези камери се оттича гравитачно в събирателната шахта (СШ) на ПС "Добрич". За съжаление, изградените каптажни съоръжения не са в състояние достатъчно ефективно да "прихванат" изворните води и част

от тях (около 3-5 l/s) свободно се оттича на по-ниска кота в понижените релефни форми на терена. Оптимален вариант за по-пълно усвояване на естествения ресурс е изграждането на експлоатационен тръбен кладенец в района на извора. С новото ввододобивно съоръжение ще е възможно да се добиват значително по-големи количества подземните води, в сравнение със сумарния дебит на трите каптажа. Същевременно, дебитът на добиваната вода в много малка степен ще зависи от сезонните промени в дебита на извора.

Целта на проведените в района на извора геофизични проучвания е да се очертаят зоните с най-висока степен на напуканост и окарстяване на мраморния комплекс до дълбочина 20-25 m. Въз основа на тази информация следва да се определи местоположението на проектиран тръбен кладенец.

За детайлното картиране на приповърхностния геоложки разрез освен традиционните сондажни методи успешно се използват и геофизични методи (Димовски и др., 2007). Предимството на геофизичните методи се обуславя от възможностите за получаване на данни от непрекъснати последователности за определени интервали или обеми в пространството или в определени периоди от време. Широко приложение за картиране на приповърхностния геоложки разрез намират електросъпротивителните методи. Тяхната геоложка ефективност се обуславя от диференциацията на скалите по специфично електрично съпротивление. За конкретен геоелектричен разрез специфичното електрично съпротивление на скалите зависи от предпоставките за изявяване на йонна електропроводност.

Използван е съвременен подход за геоелектрично проучване, който е насочен към картиране в двумерно пространство (2-D електротомография). С въвеждането на многоелектродните разстановки (Griffiths et al., 1990) и компютърните програми за бързо решаване на обратните (идентификационни) задачи (Loke, 1999), този метод се налага като стандарт при решаването на редица практически задачи.

Регистрацията е извършена с помощта на апаратура Terrameter SAS 1000, производство на шведската фирма ABEM. Данните от полевите измервания са интерпретирани с компютърна програма RES2DINV, която определя разпределението на действителните съпротивления в подповърхностното пространство.

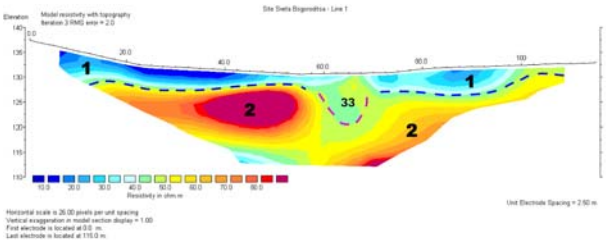
Резултати от измерванията. Анализ и интерпретация.

Геоелектричните проучвания обхващат площта и прилежащите територии на пояс I на санитарно-охранителната зона (СОЗ) на ПС "Добрич" – Фигура 1. Измерванията са проведени по четири профила с обща дължина 460 m (всеки един от четирите профила е с дължина 115 m). Точното разположение на тези профили, по които са направени геоелектричните разрези, е представено на Фигура 1.

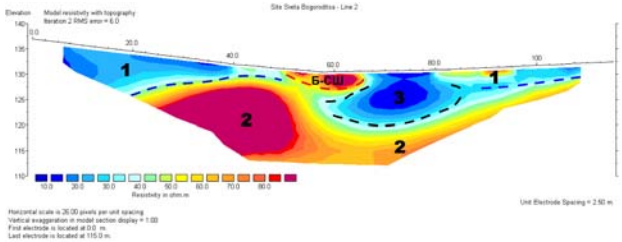
Получените резултати от електротомографията по четирите профила са представени на Фигура 2, Фигура 3, Фигура 4 и Фигура 5.

Анализът на получените резултати от проведените геоелектрични проучвания по четирите профила (вж. Фигура 2, Фигура 3, Фигура 4 и Фигура 5) позволява еднозначно да се направят следните по-важни изводи:

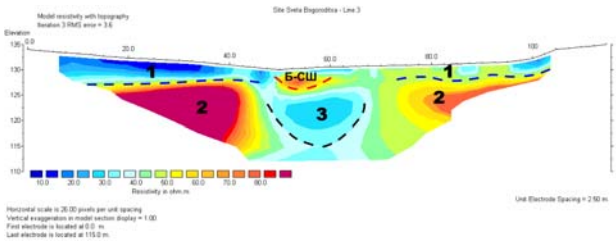
1. Електричното съпротивление на разновидностите (средите), които изграждат изследвания геоложки разрез варира в относително широки граници – от около 10 Ωm до около 150 Ωm и повече.



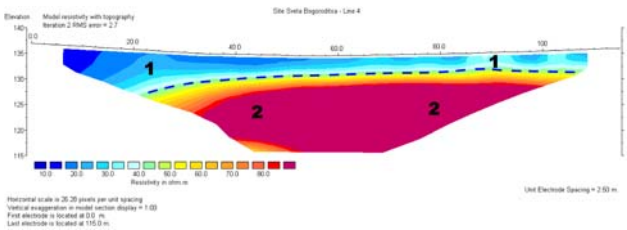
Фигура 2. Разпределение на електричното съпротивление по Профил 1.



Фигура 3. Разпределение на електричното съпротивление по Профил 2.



Фигура 4. Разпределение на електричното съпротивление по Профил 3.



Фигура 5. Разпределение на електричното съпротивление по Профил 4.

2. Електричното съпротивление на разновидностите (средите), които изграждат изследвания геоложки разрез варира в относително широки граници – от около 10 Ωm до около 150 Ωm и повече.
3. Най-обобщено изследваният геоелектричен разрез се представя от три разновидности (три електросъпротивителни среди):

- Първата електросъпротивителна среда (зона 1) има електрично съпротивление в диапазона 10 - 40 Ωm. Тя обхваща най-горната част на разреза, изграден от почвен слой и кватернерни делувиални глини. Вариациите в изменението на електричното съпротивление зависят от степента на водонаситеност на този приповърхностен слой и от степента на хомогенност на глините. Дебелината на зона 1 варира в относително широки граници – от 2 m до около 10 - 12 m.
- Втората електросъпротивителна среда (зона 2) се характеризира със стойности на електрично съпротивление по-високи от 50 Ωm. Тази зона се привързва към разпространението на здравите и плътни мрамори, при които се наблюдава относително слабо изразена йонна електропроводност. Диапазонът на изменение на електричното съпротивление се обуславя от различната степен на изява на йонната електропроводност, отразяваща степента на макар и много слабата напуканост и окарстеност.
- Третата електросъпротивителна среда (зона 3) се характеризира с ниски стойности на електрично съпротивление – в диапазона на 10 - 30 Ωm. Тя се привързва към разпространението на водонаситените силно напукани и окарстени мрамори, които притежават много добре изразена йонна електропроводност.

4. В приповърхностната част на електросъпротивителните разрези по Профил 1, Профил 2 и Профил 3 се наблюдават локални геоелектрични нееднородности, маркиращи границите на бетоновите шахти и на възможни приповърхностни замърсявания в района на ПС “Добрич”.
5. Геоелектричната граница между първа и втора електросъпротивителни среди е много добре издържана. За изучаваната площ тази граница, очертаваща граничната повърхнина между кватернерната глинеста покривка и мраморите, е близка до равнинна като се наблюдава тенденция на западане от изток (кота 132 m) на запад (кота 127 m).

Зониране по степен на окарстеност

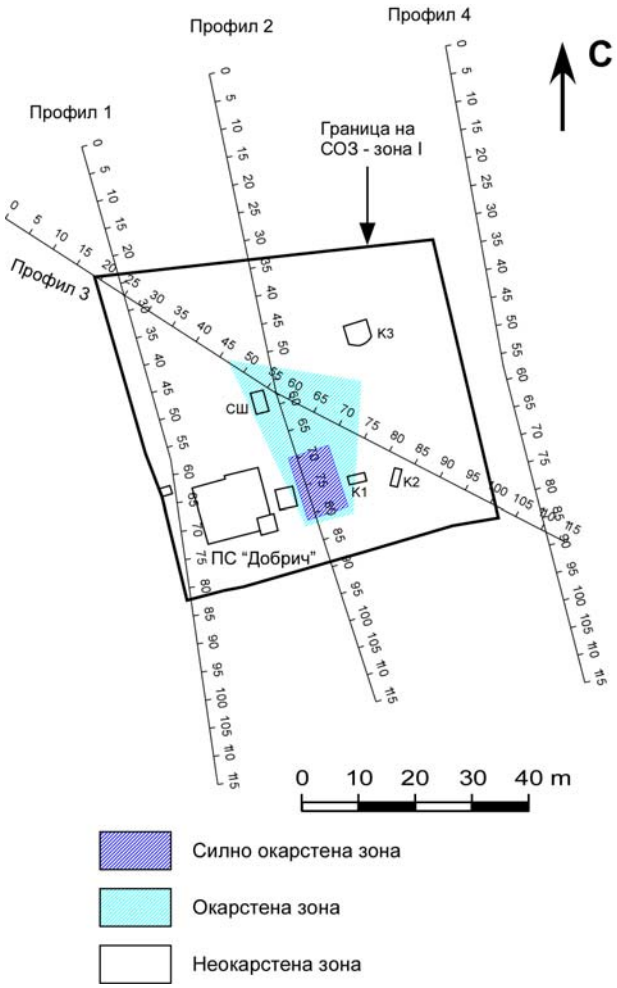
Мраморите от триаския комплекс са напукани и с добре развити карстови форми. Въз основа на подробен анализ на електротомографските профили в границите на пояс I на СОЗ на ПС“Добрич” се диференцират три зони:

1. Силно окарстена зона
2. Окарстена зона
3. Неокарстена зона

Силно окарстената зона, която е и водонаситена, се очертава от най-нискоомната част на третата електросъпротивителна среда. Окарстената и също водонаситена зона обхваща периферните части на тази среда. Мраморите извън първите две зони, които маркират втората електросъпротивителна среда, са много слабо напукани и неокарстени. Площните граници на трите зони са представени на Фигура 6.

Практически резултат от геоелекричното проучване

В обхвата на силно окарстената зона е изграден един сондажен кладенец с дълбочина 20 m (Фигура 6). По данни от ядковото сондиране, под кватернерната покривка от делувиални глини, в интервала от 1.2 до 12.5 m са преминати напукани и доста интензивно окарстени мрамори. На Фигура 7 е



Фигура 6. Зониране по степен на окарстеност в района на ПС“Добрич”

представена част от изваденатa ядка. В интервала от 12.5 до 20.0 m мраморите са много слабо напукани и неокарстени.

Резултатите от проведените филтрационни тестове потвърждават очакваната висока водообилност на триаския карстов комплекс. Доказаният локален ресурс на сондажния кладенец е 4 l/s. В общи линии това водно количество се припокрива със свободно оттичащите се и „неприхванатите” с каптажите изворни води.



Фигура 7. Ядка извадена при изграждането на сондажен кладенец в обхвата на локализираната силно окарстена зона в района на ПС“Добрич”

Литература

Антонов, Хр., Кънев, Д., Ганчев, Й., 1971. Съставяне на хидрогеоложки карти на България в М 1:25000 и даване оценка на ресурсите на пресните подземни води в Източната част на Горнотракийската низина. ВМГИ, Дог.328, том I, 416 с.

Антонов, Хр., Данчев, Д., 1980. Подземни води в НРБ. Изд.Техника.

Боянов, И., Горанов, А., Шиляфова, Ж., 1992. Обяснителна записка към геоложка карта на България М 1:100000 - картен лист Хасково. С., Комитет по геология.

Димовски, С., Стоянов, Н., Гюров, Ч., 2007. Ефективност на електротомографията за детайлно геоелектрично картиране на приповърхностния геоложки разрез. – BULAQUA (БУЛАКВА), 4, 47-55.

Пенчев, П., Гюров, Ч., Стоянов, Н., Ковачев, Ст., 2000. Съставяне и издаване на “Хидрогеоложка карта на България, М 1:500000” с обяснителна записка (на основата на ГИС). ХИДРОКОМП ЕООД.

Стоянов, Н., Веселинов, В., Стефанов, П., 1999. Хидрогеоложки условия и ресурси на палеогенския карстов водоносен хоризонт в района на Димитровград – Год. на МГУ “Св. Иван Рилски” - София, т.XLII, св I: Геология.

Чаталов, Г., 1985. Принос към стратиграфията и литологията на Сакарски тип триас. Сп. Бълг. геол. д-во, 46, 2, 127-143.

Griffiths, D. H., Barker R. D., 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. Journal of Applied Geophysics, 29, 211-226.

Loke, M. H., 2001. A practical guide to RES2DINV ver. 3.4; Rapid 2-D Resistivity & IP inversion using the least-squares method. Geoelectrical Imaging 2-D & 3D. Geotomo Software. Penang, Malaysia.