

ГИС БАЗИРАНИ ПОДХОДИ В РЕГИОНАЛНИТЕ ХИДРОГЕОЛОЖКИ АНАЛИЗИ НА ПЛИОЦЕНСКИЯ ВОДОНОСЕН КОМПЛЕКС ОТ СОФИЙСКАТА КОТЛОВИНА

В. Петров

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; e-mail: vpp73@mail.bg

ABSTRACT. GIS present a powerful tool for input, storage, manipulation, analysis and output of geographically referenced data. Basic advantages of GIS are related with possibilities of spatial queries using data stored in databases on MS Access, Oracle, MS FOX Pro and etc. For the purposes of these studies a special Database was elaborated and all hydrogeological information for more than 1300 wells have been included in the Database. The relationships between different tables are established by means of the unique identification key given of each point. With a GIS support can be make decisions for many regional hydrogeological studies using a different interpolation methods and geostatistical procedures. The main goal of this investigation is to define possibilities and advantages of using GIS to establish spatially boundaries of hydrogeological structures in pliocene aquifer in the Sofia valley. To outline this structure was used existing data for wells and geophysical profiles made in the region.

GIS METHODS FOR REGIONAL HYDROGEOLOGICAL ANALYSIS OF PLIOCENE COMPLEX FROM SOFIA VALLEY

V. Petrov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: vpp73@mail.bg

РЕЗЮМЕ. Географските информационни системи представляват мощно средство за въвеждане, съхраняване, обработка и анализ на пространствено привързана информация. Основните предимства на ГИС са възможностите за връзка и обмен на данни съхраняване в бази данни в MS Access, Oracle, MS FOX Pro среда. За целите на това изследване е създадена специфична база данни. В нея е въведена хидрогеоложката информация за повече от 1300 сондажа. Връзките между отделните таблици в базите данни е направена въз основа на уникален ключ идентифициращ всяка точка. С помощта на ГИС могат да бъдат решени различни хидрогеоложки задачи от регионално естество използвайки различни интерполационни методи и геостатистически процедури. Основната цел на това изследване е приложението и предимствата от използването на ГИС за определяне на пространствените граници на геоложките структури на плиоценския водоносен комплекс в Софийската котловина. Като изходен материал за пространственото оконтуряване е използвана наличната информация за съществуващите сондажи и построените геолого-геофизични профили в изследвания район.

Въведение

Географските информационни системи представляват мощно средство за въвеждане, съхраняване, обработка и анализ на пространствено привързана информация. Основните предимства на ГИС са възможностите за връзка и обмен на данни съхранявани в бази данни в MS Access, Oracle, MS FOX Pro среда. За целите на това изследване е създадена специфична база данни, в която е въведена хидрогеоложката информация за повече от 1300 сондажа. Връзките между отделните таблици в базите данни е направена въз основа на уникален ключ идентифициращ всяка точка. С помощта на ГИС могат да бъдат решени различни хидрогеоложки задачи от регионално естество използвайки различни интерполационни методи и геостатистически процедури. Основната цел на това изследване е приложението и предимствата от използването на ГИС за определяне на пространствените граници на геоложките структури на плиоценския водоносен комплекс в Софийската котловина. Като изходен материал за пространствено оконтуряване на структурата е използвана наличната информация за съществуващите сондажи и построените геолого-геофизични профили в изследвания район.

Местоположение и обща характеристика на разглежданата хидрогеоложка структура

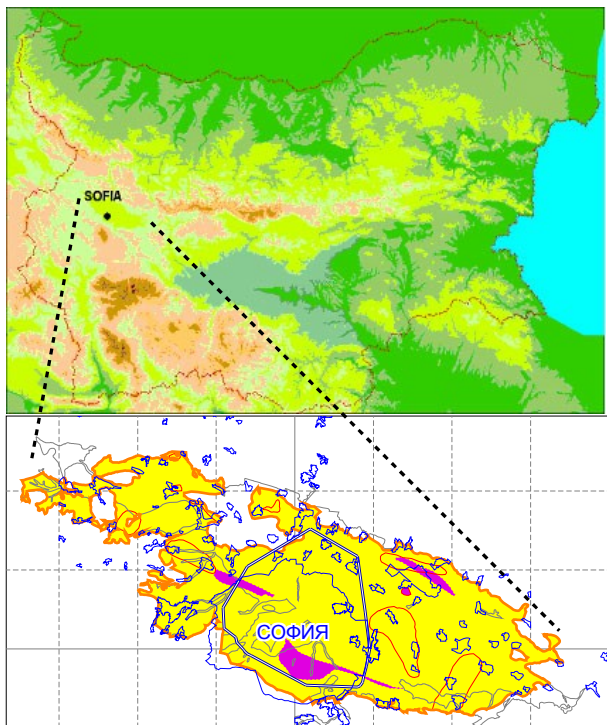
Анализираната хидрогеоложка структура в геоложки аспект представлява част от Софийския седиментен басейн. Последният е изграден главно от неозойски седименти и обхваща една от най-големите Задбалкански котловини – Софийската. Котловина има форма на елипса с дължина около 75 km, широчина 20 km и ориентация ЗСЗ -ИЮИ. Общата ѝ площ възлиза на около 1200 km² (Фиг.1).

Плиоценският водоносен комплекс е формиран основно в пясъчливо-глинести отложения с дак-румурска възраст, поделени като Лозенецка свита (Каменов, Коюмджиева, 1983). В старата геоложка литература е известен като горен водоносен хоризонт на неогена (Антонов, 1956).

Лозенецката свита е застъпена почти на цялата територия на Софийския седиментен басейн. Площта ѝ е около 973 km². В централната част на котловина седиментите ѝ контактуват по долнището си с глините на Новиискърската свита.

В близост до котловинните склонове дак - руманските теригенни наслаги залягат директно върху подложката или върху меот – понтски наслаги. В тези участъци миоценските седименти (отговарящи по възраст на Новиискърската

свита) имат делтов произход или са резултат от изветрителни и склонови процеси. Поради близкия им литоложки строеж, респективно сходството в хидрогеоложките свойства с разновидностите на Лозенецката свита, тези теригенни наслаги са включени в плиоценския водоносен комплекс. Скалната подложката на Лозенецката свита (и причислените към нея седименти с меот-понтска възраст) е представена от хетерогенни по състав и различни по възраст скали.



Фиг. 1. Местоположение на разглежданата структура

В пясъците и чакълите на Лозенецката свита са формирани порови по тип подземни води, които оформят между 4 и 12 водоносни пласта. Поради разслояването му от глинести прослойки и различната хидравлична свързаност на пясъчните пластовете, в регионален аспект Лозенецката свита представлява нехомогенен и анизотропен водоносен комплекс. По характер водите на комплекса са ненапорни до напорни. Поради неиздържаните водоупори между отделните водоноси може да се приеме, че те образуват общ водоносен хоризонт, чиято дебелина варира от 5 m до 350 m. В участъците където към плиоценските водоносни седименти са причислени и меот – понтски наслаги с руслов произход (литостратиграфски отговарящи на Новиискърската свита) комплекса има мощност надхвърляща дори 600 m. В много участъци, където плиоценските пластовете са хидравлически свързани с кватернерните образувания, се разглеждат общо с тях и се означават като кватернер-неогенски водоносен комплекс. Генералната посока на движение на подземните води в рамките на плиоценския комплекс е от склоновете към центъра на котловината. Подхранването е основно от валежи - в участъците на разкритие на Лозенецката свита на повърхността и от кватернерния водоносен хоризонт по литоложки прозорци (участъци с хидравлични връзки между двете хидрогеоложки формации). В речните участъци където коритата са формирани в плиоценски седименти се извършва основно дрениране на водоносния комплекс. В площите с хидравлични връзки

между плиоценските и кватернерните водоносни пластовете от централните части на котловината движението на водните потоци е предимно възходящо. По този начин става скрито дрениране на води от плиоценския водоносен комплекс в алувиалните образувания на заливните и надзаливни речни тераси на р. Искър, от където подземния поток се насочва към реката.

Методологичен подход при разработването на ГИС базираните анализни решения

Регионалният обхват на поставената задача наложи като начало събиране, обработка и обобщаване на голямо количество архивна информация. Тя е набрана основно от Националния Геофонд към МОСВ, Националния архив, библиотеката и архива на ГИ-БАН, както и от архивите на частни консултантски и проектантски фирми, работещи в областта на хидрогеологията. В хода на работа са проведени и допълнителни хидрогеоложки обследвания на района, измерени са координатите на множество сондажни водоизточници. Резултатите от полевите обследвания и замери са използвани за проверка и коригиране на част от архивната информация. В последствие те са включени и като допълнителен елемент в общата съвкупност от данни. Събраната информация е поделена в два основни раздела: атрибутивни данни и графична информация. Атрибутивната информация е структурирана и попълнена в информационна система – база данни, разработена в среда MS Access. Тя е изготвена с цел бързото (автоматично) пренасяне на информацията в софтуери за анализ на данните (Aquifer Win32 v 2.25, GMS 4.0) и ГИС системите (Map Info 7.0 и ArcView 3.3). Средата за разработка на приложенията за анализ и съхранение на данни - MS Access е гъвкава система, позволяваща чрез заявки (SQL код) информацията да се конвертира в масиви от характеристични данни, удобни за обработка в посочените софтуерни приложения. Част от анализите на атрибутивната информация - отсяване и структуриране по определени признаци, както и “по-непретенциозни” математични изчисления са извършени директно в софтуерното приложение, като за целта са използвани заявки с включени в тях математически изрази и процедури. Данните в конструираната база са структурирани в отделни таблици свързани помежду си с релационни връзки. Всяка от таблиците съдържа типизирана информация като например.

✓ Общи данни за сондажните кладенци включващи: местоположение; координати (в координатни с-ми: ортогонална - БГ70-та, географска - WGS 84); коти на устията, статус и състояние; информация за наличието на други типове данни – геофизични изследвания, проектирани СОЗ и т. н.

✓ Данни за конструкцията на сондажите включващи: интервали, диаметри, дължини и описание на филтрите, диаметри и дължини на обсадените с колона участъци, данни за циментацията или тампонажа, дълбочини и диаметри на сондажния ствол, наличие и тип на гравийната засипка, инклинометрични данни и т.н.

✓ Данни за разкрития геоложки строеж включващи: типа на литоложките разновидности, интервалите на разкриването им спрямо теренната повърхност (а също и в абсолютни коти), дебелините им, наименованието на литостратиграфската единица която изграждат и т. н.

✓ Хидрогеоложки данни за типа на водоносните хоризонти/комплекси, в точката на сондажа включващи: параметри на водоносните хоризонти, наличие/отсъствие на хидравлични връзки между тях, водни нива/напори на разкритите хоризонти, и т.н.

✓ Данни за химичния състав на водата, групирани в две направления – макро и микрокомпонентен състав; физични показатели; органолептични и т.н.

✓ Данни от филтрационни опити (включена е възможност за въвеждане на данни от групови водочерпения, единични сондажни тестове и тестове с наблюдателни кладенци), за определяне на хидрогеоложките характеристики на средата.

Базата е проектирана като “универсална информационна система” с желанието да съдържа по-голям обхват от информация за да може в бъдеще да се използва при въвеждането, съхранението и използването на данни от сондажни водоизточници в по-различни хидрогеоложки условия и от различни райони на България. За целта е въведена обобщителна типизация на хидрогеоложките условия (типове водоносни литоложки среди в зависимост от основните типове скали и седименти които ги формират), каталози на литостратиграфските единици (позволяващи бърза класификация на разкритите в сондажите интервали), каталог на регионално издържаните водоносни формации на територията на Р. България (по класификацията на Пенчев, 2000 и изготвената карта в М 1:500 000) и съставляващите ги водоносни хоризонти. Обобщителните елементи имат функцията на центрове или ядра за регионални класификации и обобщения, допълнително даващи възможност за анализи, базирани на релационни връзки “много към много”. Например – един сондаж може да преминава няколко водоносни хоризонта (в частност формации), а дадена формация от своя страна може да се разкрива от много сондажи. Идентификационните полета представляват таблични колони, свързващи две или повече таблици по идентификационните номера (текстови записи) заложи в тях.

Информацията от базата с данни е обработена в ГИС среда под формата на тематични слоеве. За обработката на данните са подбрани различни интерполационни методи в зависимост от естеството на анализите. За целта са използвани съществуващите помощни модули (Extensions) на приложните ГИС ориентирани софтуерни приложения (Map Info, Arc View, GMS). В основата на създаването на всеки тематичен слой стои конструирана “равномерна” мрежа от точки (3D Grid). Пространственото поведение (разпределение) на анализиранията свойства точно се охарактеризират от стойностите на мрежата.

Резултатите от анализите са визуализирани под формата на карти и пространствени модели.

Пространствен модел на плиоценския водоносен комплекс. Опит за отделянето му катосамостоятелно хидрогеолошко тяло

Плиоценският водоносен комплекс е разгледан като самостоятелна хидрогеоложка структура със специфични хидродинамични взаимоотношения с отгоре и отдолу залягащите водоносни хоризонти. Този подход, като начало наложи направеният в тази разработка опит за определяне на про-

странствените граници на комплекса, т.е. изготвянето на негов цялостен пространствен модел.

В горната си част Лозенецката свита се разкрива непосредствено на повърхността или пък се покрива от кватернерни образувания с различен генезис (алувиални, пролувиални, делувиални, езерно-блатни и смесените им форми). По долнището си контактува с плътни глинни имащи езерен произход - Новиискърска свита (централната, северната и югоизточната част на котловината) и скали от донеогенската подложка (североизточната, северозападната и почти цялата южна част на котловината), представени от разнообразни литоложки разновидности с различен възрастов обхват и произход. Различните скални типове по нейните граници определят различни и специфични хидродинамични взаимоотношения между подземните води от скалите по нейните контактни повърхности и водите в самата свита.

За отделянето на долнището на Лозенецката свита са комбинирани различни информационни източници – картни материали: Карта на донеогенския фундамент, М 1:25000 (Йосифов, Илиева, 1997); Карта на литоложкия състав на скалната подложка (Иванов, 2003); Карта на разпространението на Новиискърската свита (Янева, 2001); геолого-геофизични разрези и сондажни данни. За определяне на площното разпространение на Лозенецката свита е използван картен материал на Янева, 2001.

Методологичен подход за отделяне на контактните повърхности - долнище на Лозенецка свита – скална подложка

В участъците на контакт на Лозенецката свита с донеогенския фундамент са използвани данни от готови картни материали изготвени по комплексни геоложки и геофизични методи. От тях са отчетени височинните положения на отделните блокове, разломните нарушения между блоковете, както и литоложкия им състав и стратиграфската възраст на скалите. Достоверността на картните материали се потвърди от данните в колонките на дълбоките структурни сондажи и хидрогеоложките кладенци (общо 187 бр.) достигнали скалния фундамент. За допълнителна проверка на посочените карти, на анализ бяха подложени и всички налични дълбоки сондажи попадащи върху по-големите разломни нарушения. Установи се, че общо от 20 сондажа, попадащи върху картирани разломи, в 19 беше регистрирано наличието на тектонски нарушена зона, което също доказва точността и верността на използвания първичен материал. Тъй като подложката има блоков строеж с голяма денивелация между отделните блокови повърхности, контактите ѝ с Лозенецката свита са отделени за всеки един блок по отделно с помощта на конструирани равномерни ортогонални мрежи (3D Grid), изрязани по разломните нарушения. Стойностите на клетките в мрежите са изчислени в платформа ArcView, като е използвана IDW интерполация/екстраполация (математичния апарат на метода е разяснен по-нататък в текста) между точки пренесени от изолиниите на първичния картен материал.

Методологичен подход за отделяне на контактните повърхности долнище на Лозенецката свита – горнище на Новиискърската свита

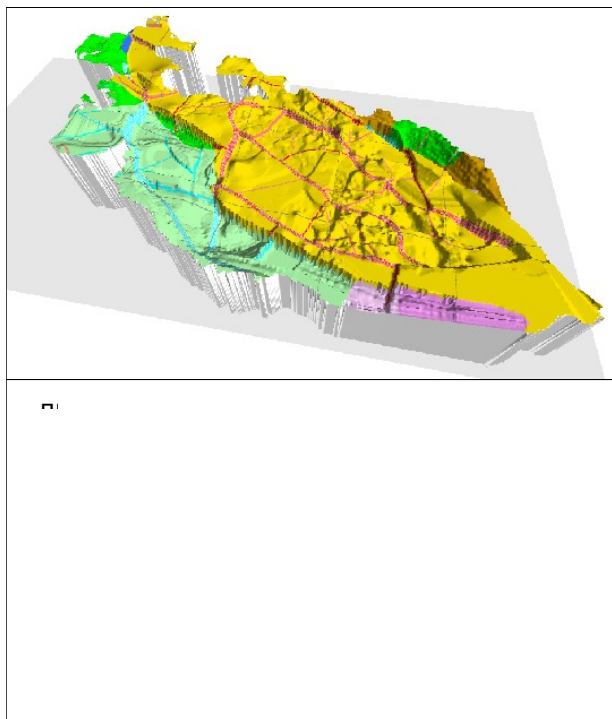
Отделянето на долнището на Лозенецката свита в контактните площи с горнището на Новиискърската свита е

основано на данни от сондажи преминаващи тази литостратиграфска граница (111 бр.) и на 35 бр. геолого-геофизични разрези, конструирани след сеизмични профилирования. Латералното разпространение на Новиискърската свита е съгласувано с картни и текстови материали на Янева, 2001 и Коюмджиева и Каменов 1983. За отделянето на долнището на Лозенецката по контакта ѝ с Новиискърската свита е използван интерполяционен метод (IDW). Интерполацията е направена за всеки един тектонски блок (формиращ донеогенския фундамент под Новиискърската свита) по отделно. Като изходен материал са използвани данните от сондажите и геолого-геофизичните разрези. Избраният интерполяционен подход се аргументира от:

✓ Сведенията относно историческото развитие на басейна през неогенския период (Янева, 2000; Коюмджиева и Каменов, 1983). Етапът на седиментация на Лозенецката свита е започнал през късния плиоцен (дак-руман) и въпреки натрупването до този момент на мощни езерни утайки (Новиискърска свита), регионалният тренд на блокова дезинтеграция е бил запазен.

✓ Геолого – геофизичните разрези използвани в качеството на базов материал. Те показват също блоковия характер на заварената повърхност.

Триизмерен изглед по долнището на плиоценския водоносен комплекс е показан на Фиг. 2.



Фиг. 2. Пространствен модел по долнището на плиоценския ВК

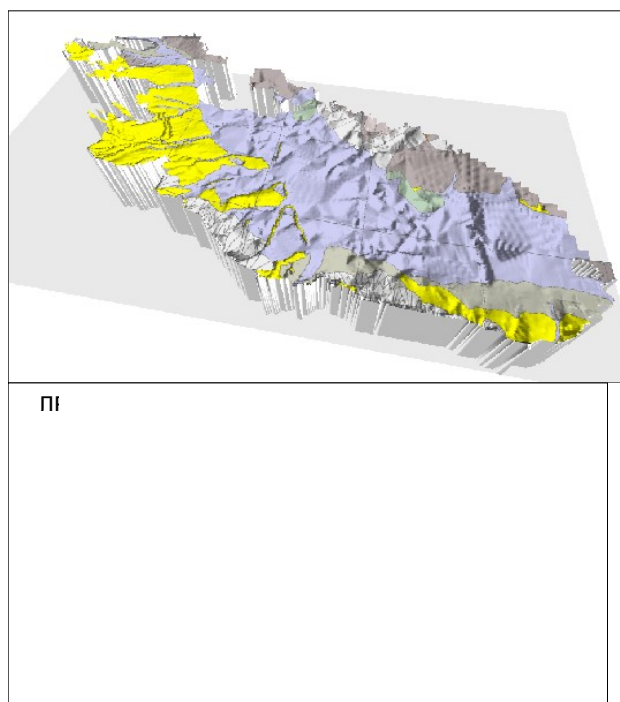
Методологичен подход за отделяне на контактните повърхности - горнище на Лозенецка свита – кватернерни образувания

Отделянето на горнището на литостратиграфската единица е извършено на база данни от 575 бр. сондажи и 35 бр. геолого-геофизични разрези. Разгледано е като непрекъснатата повърхност. Използван е метод на интерполация – IDW. Избраната схема и интерполяционен подход се аргументират от:

✓ Сведенията относно историческото развитие на басейна по време на седиментацията на разглежданата литостратиграфска единица. Развитието на интензивни седиментационните процеси през миоценския и плиоценския период е намалило големите амплитуди между отделните блокови структури. Натрупването на мощните алувиални седименти на Лозенецката свита в негативните участъци също е допринесло за “изглаждането” на заварената в началото на дака повърхност. Въпреки това през този период са се проявили и значителни негативни движения (особено в района по реките Искър и Лесновска). Успоредно с това, потъването се е компенсирало от усилената акумулация довела до натрупването на отложения с дебелина превишаваща на места 250 m. Потъването на тези блокове е продължило най-вероятно и през кватернера, свидетелство за което са и мощните кватернерни образувания в тези участъци.

✓ Положението на разломните нарушения спрямо горнището на свитата, отразено на използваните в качеството на базов материал геолого–геофизични разрези.

В участъците където свитата се разкрива на повърхността (Геоложка карта на България М 1:100 000), височинното положение на горнището ѝ е отделено на база хоризонталите от топографски карти в М 1:25 000. Триизмерен модел, онагледяващ горната повърхност на свитата и контактуващите с нея литостратиграфски разновидности, е показан на Фиг. 3.



Фиг. 3. Пространствен модел по горнището на плиоценския ВК

Дебелината на свитата е определена като разлика между пространствено определените горна и долна гранични повърхнини.

Дебелините на кватернерните образувания са получени като разлики между топографската повърхност и горнището на Лозенецката свита. Топографската повърхност е получена след линейна интерполация на гъстата мрежа от точки, извлечени от теренните хоризонтални.

Отделянето на горнището на плиоценския ВК (Лозенецката свита) е направено единствено с цел да се определи пространственото положение на разглежданата структура и да се изчисли нейната дебелина. Границата "Лозенецка свита – кватернерни наслаги", от хидрогеоложка гледна точка няма особен смисъл поради сходния литоложки състав и фациален строеж на формациите. В по-голямата част от котловината тези седименти образуват единна система от хидравлически свързани зони, т.е. те образуват единен водоносен комплекс.

Технически подход

Всяка от граничните (горна и долна) повърхности на хидрогеоложката структура е "основана" на равномерна ортогонална мрежа (квадратна с дължина на страната 100 m). Стойностите в центровете на мрежовите клетки са изчислени от началния набор произволно разпръснати точки, чрез подходящо подбрани за конкретната цел интерполационни методи.

Наборът от начални точки, послужил за изчисляване на стойностите на клетките от равномерните мрежи е получен след ситуиране на сондажите и геолого-геофизичните разрези (профилните линии) върху "регистрирани" топографска (М 1:25 000) и геоложка (М 1:100 000) основи.

Разрезите, представляващи на практика линейни обекти, са конвертирани в гъсти набори от точки. Точките са взети по характерни чупки от линиите, оконтуряващи съответно горната и долната гранична повърхност на Лозенецката свита. В последствие те са нанесени върху плановия картен материал. За пренасянето им от профилните линии върху картния материал (от разрез в план), са използвани елементарни тригонометрични зависимости (познати в геодезията като II-ра основна задача). Процесът на пренасяне на данните е автоматизиран чрез приложение разработено в среда MS Access. Описаният подход включва следните стъпки:

1. Геолого-геофизичните разрези са ситуирани върху топографска основа като хоризонтални (планови) линии в координатна система X – Y.

2. Отчетени са координатите на крайните точки – X_1, Y_1 и X_2, Y_2 .

3. Изчислени са дължините на разрезите – "L" и посочните ъгли – " α " спрямо координатната ос "X" на база на отчетените координати на крайните точки.

$$L = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (1)$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}\right) \quad (2)$$

Всъщност по посочената формула не е получен чистият посочен ъгъл, а т.нар. "румб". Преминаването от табличен в посочен ъгъл е извършено в зависимост от посоката на профилната линия и положението на крайните точки една спрямо друга (т.е. условно приетите "начало" и "край" на разрезите). Посочените две условия определят в кой квадрант попада профилната линия. Разрезите са "регистрирани" в локална координатна система – "L" (дълж., m) – "Z" (кота). В тази вертикална равнина са определени дължини-

те L_i до всяка анализирана точка i и кота Z_i спрямо условното начало.

Пресметнати са плановите координати (X_i, Y_i) на всяка профилна точка:

$$X_i = X_1 + \Delta X = X_1 + \frac{L_i \cdot (X_2 - X_1)}{L} \quad (3)$$

$$Y_i = Y_1 + \Delta Y = Y_1 + \frac{L_i \cdot (Y_2 - Y_1)}{L} \quad (4)$$

където:

" L_i " са отчетените дължини спрямо условното начало;

(X_1, Y_1) и (X_2, Y_2) са отчетените от хоризонталната (плановата) регистрация на профилната линия съответно начални и крайни координати. Така за всяка точка снета от дадена контактна линия по разреза, са определени пространствените ѝ координати X_i, Y_i, Z_i . Впоследствие извлечените от профилите точки са включени към точките от сондажните данни. Обединените съвкупности от произволно разпръснати точки (съответно за горнището и долнището на Лозенецката свита), са използвани като изходен материал за конструиране на равномерни мрежи изобразяващи пространственото положение на граничните повърхности на хидрогеоложката формация.

Заклучение

Изложеният подход за пространствено оконтуряване на регионални хидрогеоложки структури чрез използване на бази с данни и ГИС разкрива само една малка част от възможностите за приложението им в регионалните хидрогеоложки анализи и изчисления. Големият набор от интерполационни методи, възможности за вариограмни и геостатистически анализи, логистични модули, вградени функции за математични процедури с характеристики на пространствено ситуирани обекти (площи, линии и точки) ги правят ценен инструмент при решаване на много хидрогеоложки задачи с регионален характер. В този аспект с незаменима стойност са и възможностите на ГИС за въвеждане, съхраняване, визуализация и автоматична обработка на огромна по обем информация.

В хидрогеоложките анализи ГИС могат да намерят широко приложение в следните насоки:

- ✓ райониране по различни филтрационни и миграционни характеристики
- ✓ конструиране на пространствени и планови модели по определени хидрогеоложки свойства
- ✓ като развойна среда за програмиране на модули за решаване на хидродинамични задачи
- ✓ проследяване развитието на определени замърсители в пространството
- ✓ събиране, структуриране, отсяване и подготовка (пространствено привързване, оформяне на хидрогеоложки гранични условия, начално зонироване по филтрационни характеристики и др.) на данни за конструиране на хидродинамични и миграционни модели.

✓ оценка на уязвимостта на подземните води от замърсяване както в аспекта на собствен (природен, естествен) потенциал към замърсяване така и под въздействието на потенциални замърсители.

Литература

Йосифов, Д. и кол. 1998. Доклад за геоложкия и дълбочинен строеж на Софийската котловина и сеизмично микрорайониране на гр. София. *Геофонд VII* – 761.

Каменов, Б. 1965а. Границата плиоцен - плейстоцен в Софийската котловина. - *сп. Бълг. геол. д-во*, 26, N 1, 112-114.

Каменов, Б., Е. Коюмджиева. 1983. Стратиграфия на неогена в Софийския басейн. - *Палеонт., стратигр. и литол.*, 18, 69-85

Янева, М. 2001. Седиментология на неогенските отложения в Софийския басейн. *Дисертация. БАН*, 190 с.

Препоръчана за публикуване от
катедра "Хидрогеология и инженерна геология", ГПФ