

## ЕСТЕСТВЕНА ЗАЩИТЕНОСТ ОТ ПОВЪРХНОСТНИ ЗАМЪРСИТЕЛИ НА ПАЛЕОГЕНСКИЯ КАРСТОВ ВОДОНОСЕН ХОРИЗОНТ В РАЙОНА НА ГР. ЧИРПАН, УЧАСТЪК "БЯЛАТА ВОДА". ЧАСТ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА МИГРАЦИЯТА НА ЗАМЪРСИТЕЛИТЕ В ЗОНАТА НА АЕРАЦИЯ И ВЪВ ВОДОНАСИТЕНАТА ЗОНА

**Николай Т. Стоянов**

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; nts@mgu.bg*

**РЕЗЮМЕ.** Разработен е двумерен (2D) математически модел на условията за движение на постъпващи от повърхността бързо подвижни замърсители (по примера на хлоридните йони). Моделът е съставен посредством компютърна програма за симулиране на среда с променлива водонаситеност VS2DTI. Приложената изчислителна схема отчита конвективния пренос на вещество, сорбцията, хидродинамичната дисперсия, молекулярната дифузия и смесването. С модела е направена прогноза за обхвата на възможното замърсяване на подповърхностното пространство и е оценена естествената защитеност на палеогенския карстов водоносен хоризонт.

### NATURAL PROTECTION FROM SURFACE POLLUTANTS TO THE PALEOGENE KARST AQUIFER IN THE REGION OF CHIRPAN, AREA "BIALATA VODA". PART 2. MATHEMATICAL MODEL FOR PROGNOSTICATING POLLUTANTS MASS TRANSPORT IN THE ZONE OF AERATION AND IN THE SATURATED ZONE

**Nikolay T. Stoyanov**

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700; nts@mgu.bg*

**ABSTRACT.** A 2-D mathematical model is developed reflecting the conditions for mass transport of infiltrating from the surface highly mobile pollutants (on the example of chloride ions). The model is elaborated using the computer program for simulating variably saturated media VS2DTI. The applied calculation scheme takes into account convective mass transport, sorption, hydrodynamic dispersion, molecular diffusion, and mixing. The model is used for prognosticating the subsurface spread of a possible pollution and for estimating the natural protection to the Paleogene karst aquifer.

### Методичен подход

Главна цел на математически моделни изследвания е да се прогнозира евентуалното замърсяване на подземните води в палеогенския карстов водоносен хоризонт при реализиране на една тежка авария в участъка между трасето на АМ "Марица" и основното вододобивно съоръжение на ВПС "Бялата вода" (СК-1). На тази база е възможно да се направи и една много точна и категорична количествена оценка на защитеността на водоносния хоризонт в този участък.

Разработените с математическия модел сценарии разглеждат хипотезата, според която екологичната авария настъпва в резултат на преобръщане на цистерна, превозваща течни химически продукти (киселини, основи или солни разтвори), твърди (лесно разтворими) химически продукти или течни горива (нефтепродукти). Предполага се, че изтеклите от цистерната течни емисии ще предизвикат образуването на малки "езерца" и повърхностно замърсяване на площ от няколко стотици квадратни метра северно (или южно) на магистралния път.

Независимо от бързината при ликвидиране на видимите последици от аварията, в неводонаситената част от подповърхностното пространство (в т.нар. зона на аерация) ще се инфилтрира определено количество замърсители. Това "залпово" постъпило количество следва да се разглеждат като непрекъснат (в продължение на няколко денонощия) повърхностен източник на замърсяване на подземните води.

В инфилтриралата се в дълбочина високо концентрирана "химическа супа" е възможно да присъстват различни по тип замърсители: конвенционални, приоритетни или неконвенционални (Стоянов, 2003). Към конвенционалните замърсители се отнасят т. нар. главни компоненти (Na, K, Cl, NH<sub>4</sub>, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Fe, Mn и др.) и микробиологични компоненти в подземните води. Приоритетни замърсители са тежките метали (Pb, Cd, Hg, Ni, Cu, Zn, Ag и др.), нефтепродуктите, фенолът, винилхлоридът, трихлоретенът (TCE), тетрахлоретенът (PCE) и др. В групата на неконвенционалните замърсители попадат всички органични съединения, за които няма точна

информация за техните характеристики, възможни трансформации и евентуално въздействие върху човешкото здраве и околната среда.

При специализираните изследвания основното внимание е насочено към поведението на конвенционалните замърсители. Поради тяхната относително висока мобилност те се използват като важни показатели за степента на замърсяване и за оценка на условията за миграция на приоритетните и неконвенционалните замърсители. Естествено е да се очаква, че в установената замърсена с конвенционални замърсители зона присъстват и определени количества органични съединения с неизвестен състав и неясен за околната среда риск. Ето защо, при решаването на практически задачи е достатъчно да се определят размерите на замърсените със силно подвижни конвенционални замърсители зони.

В конкретния случай е уместно да проследим поведението на хлоридните йони, които поради своята консервативност са изключително подвижни и биха маркирали максималните размери на възможното замърсяване на подповерхностното пространство. Така детерминирани граници ще очертаят (с голям запас) пределните рамки, до които е възможно да се инфилтрират постъпилите от повърхността замърсители. Те ще очертаят и максималната граница, до която биха достигнали най-подвижните нефтопродукти.

Това мотивира с разработения математически модел да се симулират условията за разпространение на силно подвижните замърсители по примера на хлоридните йони. На тази база е направена и прогноза за развитието и възможния обхват на процесите на замърсяване в подповерхностното пространство за период от 300 години след аварията, като същевременно са оценени самопречистващата способност на геоложката среда и естествената защитеност на палеогенския хоризонт.

За композирането на математическия модел е използван програмния пакет VS2DTI (Variably Saturated 2D Interface). Той е разработен от Геоложката служба на САЩ (Lappala et al., 1987; Nealy, 1990; Hsieh et al., 2000; и др.) С тази програма могат да се разработват 2D математически модел на условията за движение на замърсители в среда с променлива водонаситеност. Програмата включва три основни модула: VS2DTI (симулира филтрационния поток и преноса на вещество); VS2HI (симулира филтрационния поток и топлинния пренос) и VS2DPOST – за визуализация на резултатите от предходните две програми.

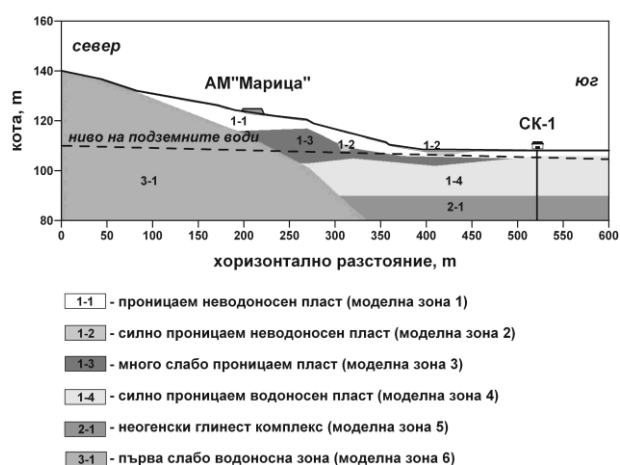
Програмният пакет VS2DTI използва числов модел по крайните разлики за решаване на уравнението на Richards, определящо функцията на потока и на конвективно-дисперсионното уравнение, описващо преносът на вещество (Philip, 1958; Bear, 1979; и др.). Началните хидравлични условия се специфицират със статичен равновесен профил, със зададен всмукващ потенциал или със зададена влагонаситеност. Граничните условия включват задаването на всмукващия потенциал или общия напор, разхода, инфилтрационното подхранване, евапорацията, транспирацията и гранични елементи с

възможно протичане. Процесите за описване на преноса на вещество включват конвективния пренос, дисперсията, обратимо елиминиране (адсорбция и йонен обмен) и необратимо елиминиране (Bear, 1979; и др.).

## Концептуален модел

Математическият модел на условията за разпространение на замърсителите и за прогнозиране на тяхното поведение в подповерхностното пространство е разработен при следните предпоставки.

Обект на разглеждане е горната част на разреза по хидрогеоложкия профил в участъка между трасето на АМ "Марица" и ВПС "Бялата вода". В обхвата на моделната област попадат всички ниско рангови хидрогеоложките единици до кота 80 (фиг. 1). При композирането на математическите модели тези единици са детерминирани като моделни зони (вж. Таблица 1).



Фиг. 1. Хидрогеоложки единици в обхвата на моделната област  
Моделни зони.

Таблица 1

Хидрогеоложки единици и моделни зони

| Основна хидрогеоложка единица          | Хидрогеоложка единица от по-нисък ранг | Индекс | Моделна зона № |
|----------------------------------------|----------------------------------------|--------|----------------|
| Кватернерен водоносен хоризонт         | Проницаем пласт                        | 1-1    | 1              |
|                                        | Силно проницаем пласт                  | 1-2    | 2              |
|                                        | Много слабо проницаем пласт            | 1-3    | 3              |
|                                        | Силно проницаем пласт                  | 1-4    | 4              |
| Неогенски комплекс                     |                                        | 2-1    | 5              |
| Палеогенски карстов водоносен хоризонт | Първа (горна) слабо водоносна зона     | 3-1    | 6              |

Пространственото положение и филтрационните характеристики на хидрогеоложките единици, респ. на моделните зони са дефинирани по данни от сондажното проучване, от опитно-филтрационните тестове и по литературни данни. Стойностите на величините, характеризиращи задържащата способност на средата (сорбционната порестост  $n_s$ , респ. коефициентът на разпределение  $K_D$ ) са определени въз основа на проведените лабораторни индикаторни опити. Единствено сорбционната порестост  $n_s$  на глините от неогенския глинест комплекс и на седиментите от първата слабо водоносна зона от палеогенския хоризонт са взети по литературни данни. За дисперсивността и коефициента на дифузия на изграждащите хидрогеоложките единици седименти са зададени стойности, съобразени с цитираните в специализираната литература данни за подобен тип среда (Harpaz, 1965; Papadopoulos, Larson, 1978; Garabedian et al., 1988; Gelhar et al., 1992; и др.). Те са получени в условията на многочислени полеви (in situ) опити и са доста по-меродавни от получените в лабораторни условия. При трасерните опити в колони в резултат на мащабния ефект се получават обикновено нереално ниски стойности за дисперсията.

Осреднените филтрационни и миграционни характеристики за всяка моделна зона (хидрогеоложка единица) са посочени в Таблица 2. Нивото на подземните води е определено по данни от преки измервания в проучвателните сондажи и вододобивните кладенци.

Таблица 2  
Филтрационни и миграционни характеристики на моделните зони

| Моделна зона № | Обща порестост<br>$n_t$ - | Плътност на скелета<br>$\rho_s$ , g/cm <sup>3</sup> | Коефициент на филтрация<br>$k$ , m/d | Сорбционна порестост<br>$n_s$ - | Коефициент на разпределение<br>$K_D$ , cm <sup>3</sup> /g | Надлъжна дисперсивност<br>$\alpha_L$ , m | Коефициент на дифузия<br>$D_m$ , m <sup>2</sup> /d |
|----------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1              | 0.37                      | 1.65                                                | 0.25                                 | 0.94                            | 0.57                                                      | 3.0                                      | $3 \times 10^{-4}$                                 |
| 2              | 0.36                      | 1.61                                                | 1.00                                 | 0.50                            | 0.28                                                      | 2.0                                      | $2 \times 10^{-4}$                                 |
| 3              | 0.49                      | 1.30                                                | 0.02                                 | 1.33                            | 1.02                                                      | 3.5                                      | $6 \times 10^{-4}$                                 |
| 4              | 0.31                      | 1.55                                                | 30.0                                 | 0.32                            | 0.02                                                      | 1.5                                      | $1 \times 10^{-4}$                                 |
| 5              | 0.42                      | 1.65                                                | 0.005                                | 1.00                            | 0.61                                                      | 5.0                                      | $5 \times 10^{-4}$                                 |
| 6              | 0.07                      | 2.15                                                | 0.25                                 | 0.40                            | 0.15                                                      | 10.0                                     | $4 \times 10^{-4}$                                 |

## Работна хипотеза

Според приетата работна хипотеза в участъка на ВПС "Бялата вода" е настъпила екологична авария в резултат

на преобръщане на камион-цистерна, превозващ 8 тона концентрирана солна киселина (HCl). Изтеклата от цистерната киселина е засегнала площ от около един декар, като е образувала малки "езерца".

Тъй като съдържанието на HCl в концентрираната солна киселина е 37% приемаме, че концентрацията на хлоридни йони (Cl<sup>-</sup>) в инфилтриращите се в подповърхностното пространство емисии е  $c_p = 350$  g/l.

Предполага се, че ликвидирането на видимите на земната повърхност последици от аварията и частичното рекултивиране на засегнатия почвен слой е възможно да се направи в 10 дневен срок. Ето защо, в моделните изследвания се приема, че в границите на засегнатата площ (с приблизителни размери 35x35 m) съществува повърхностен площен източник на замърсяване на подземните води с непрекъснато действие в продължение на 10 денонощия.

Предвид относително високите филтрационни характеристики на литоложките разновидности в най-горната част на разреза може да се предполага, че скоростта на инфилтрация ще е висока. Въз основа на предварително проиграните вариантни решения със задаване на различни стойности на скоростта на инфилтрация на силно замърсени течни емисии  $W_p$  (при равни други условия) се установи, че математическите модели са устойчиви при  $W_p$  не по висока от  $1.0 \times 10^{-3}$  m/d.

Същевременно, в регионален план от повърхността постъпват и около 10% от валежите. При средна годишна сума на валежа за станция Чирпан 598 mm, за скоростта на инфилтрация на валежните води е приета стойността  $W = 1.65 \times 10^{-4}$  m/d. Съдържанието на хлоридни йони в тези води е нищожно малко ( $c = 0$  mg/l).

Преди аварията и след ликвидиране на повърхностното замърсяване се приема, че в засегнатата площ ще се инфилтрират чисти води със скорост  $W = 1.65 \times 10^{-4}$  m/d и концентрация  $c = 0$  mg/l.

При тези начални и гранични условия прогнозата за разпространението на подвижните замърсители е направена в различни моменти от време за период от 300 години. Получените прогнозни решения позволяват да се оцени количествено и самопречистващата способност на геоложката основа и степента на защитеност на палеогенския карстов водоносен хоризонт.

## Композиране на математическия модел

При композирането на математическия модел са използвани компютърната програма VS2DTI и основните положения, представени в концептуалния модел.

Математическият модел е двумерен. С него е симулирано поведението на бързите замърсители (по примера на хлоридните йони) в подповърхностното пространство по схемата, представена на фигура 1. Хидрогеоложките единици са симулирани с шест моделни зони, всяка от които е зададена с геометрия, филтрационни и миграционни характеристики, отговарящи на реалните обекти (вж. Табл. 2).

Връзката между всмукващия потенциал  $\Psi$ , съдържанието на влага  $\omega$  и коефициента на влагопроводност  $\bar{k}$  е моделирана с помощта на функциите предложени от van Genuchten. В случая за параметрите RMC,  $\alpha$  и  $\beta$  са използвани посочените в специализираната литература стойности за подобен тип геоложка среда. Реакциите между течната и твърдата фаза се моделира по линейната изотерма на Henry.

Границата между неводонаситената и водонаситената зона (нивото на подземните води) в разреза е зададена съобразно резултатите от направените в рамките на това проучвания измервания в проучвателните сондажи и вододобивните кладенци. На фиг. 1 и 2 тя е изобразена с пунктирна линия.

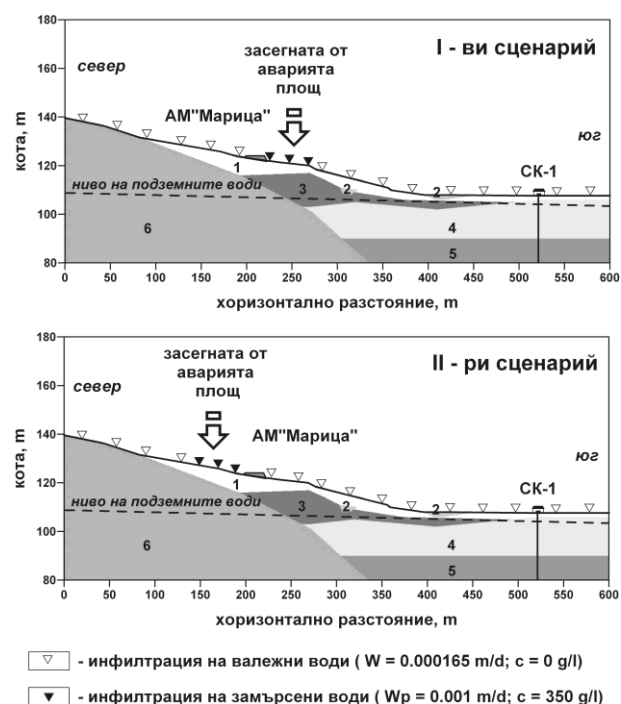
В модела времето за симулация е разделено на 301 стрес периода. Първият стрес период е 10 денонощия, а всеки от останалите 300 – с продължителност 1 година.

През първия стрес период се приема, че в засегнатата от аварията площ от повърхността постъпват замърсени течни емисии със скорост на инфилтрация  $W_p = 1.0 \times 10^{-3}$  m/d. Входната концентрация на хлоридните йони е  $c_p = 350$  g/l. Извън зоната на аварията граничното условие е  $W = 1.65 \times 10^{-4}$  m/d и  $c = 0$  g/l.

В следващите стрес периоди (от 2 до 301) постъпването на замърсители е преустановено и по цялата граница е зададено гранично условие  $W = 1.65 \times 10^{-4}$  m/d и  $c = 0$  g/l, т.е. от повърхността се инфилтрират само чисти води.

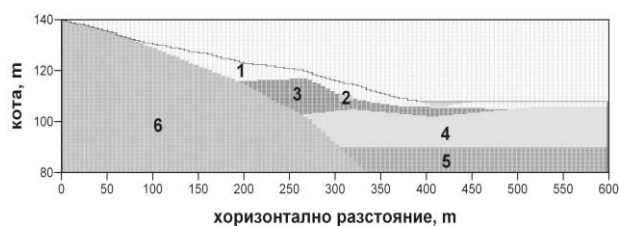
С така композирания модел са разработени два сценария (фиг. 2):

- I-ви сценарий: засегнатата от аварията площ е на юг от магистралата;
- II-ри сценарий: засегнатата територия е на север от магистралата.



Фиг. 2. Граници на моделните зони. Гранични условия при различни сценарии за развитие на екологичната авария

При дискретизацията на моделната област е използвана ортогонална мрежа с размери на клетките  $0.5 \times 5.0$  m (фиг. 3).



Фиг. 3. Моделна мрежа. Граници на моделните зони

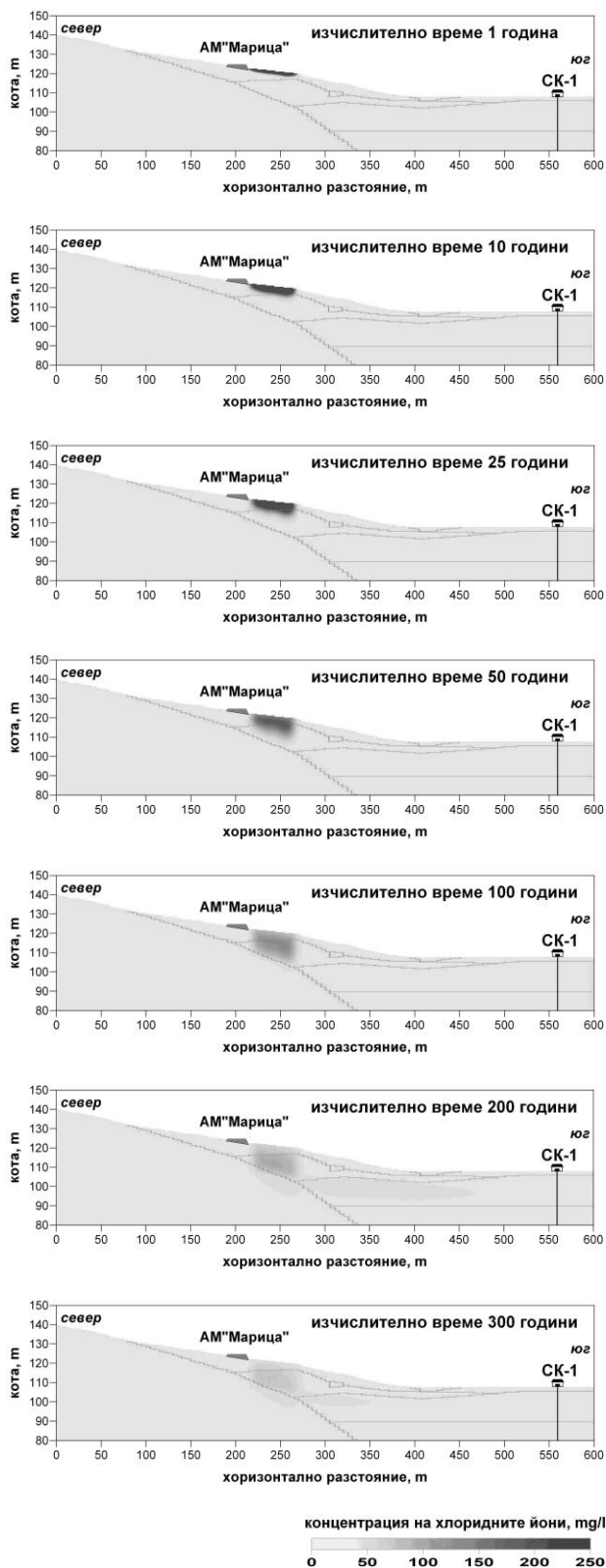
## Прогнозни решения. Изводи

С разработените с математическия модел сценарии е направена прогноза за възможното замърсяване на подповърхностното пространство и на подземните води в резултат на тежка екологична авария по трасето на АМ "Марица" в участъка на ВПС "Бялата вода". Получените за всеки стрес период решения дават много добра представа за развитието на негативните процеси за период от 300 години.

Обхватът и интензивността на замърсяването при реализиране на I-я или на II-я сценарий са илюстрирани с 14 вертикални карти по съдържание на хлоридни йони, представени на фиг. 4 и 5. Тези карти показват прогнозираните с математическия модел промени в концентрационното поле в различни изчислителни моменти, съответно 1, 10, 25, 50, 100, 200 и 300 години след евентуалната авария.

Сравнителният анализ на представения на фиг. 4 и 5 картен материал дава основание да се направи следния коментар относно възможните размери и динамика на процесите на замърсяване на земната основа и на подземните води в участъка на ВПС "Бялата вода".

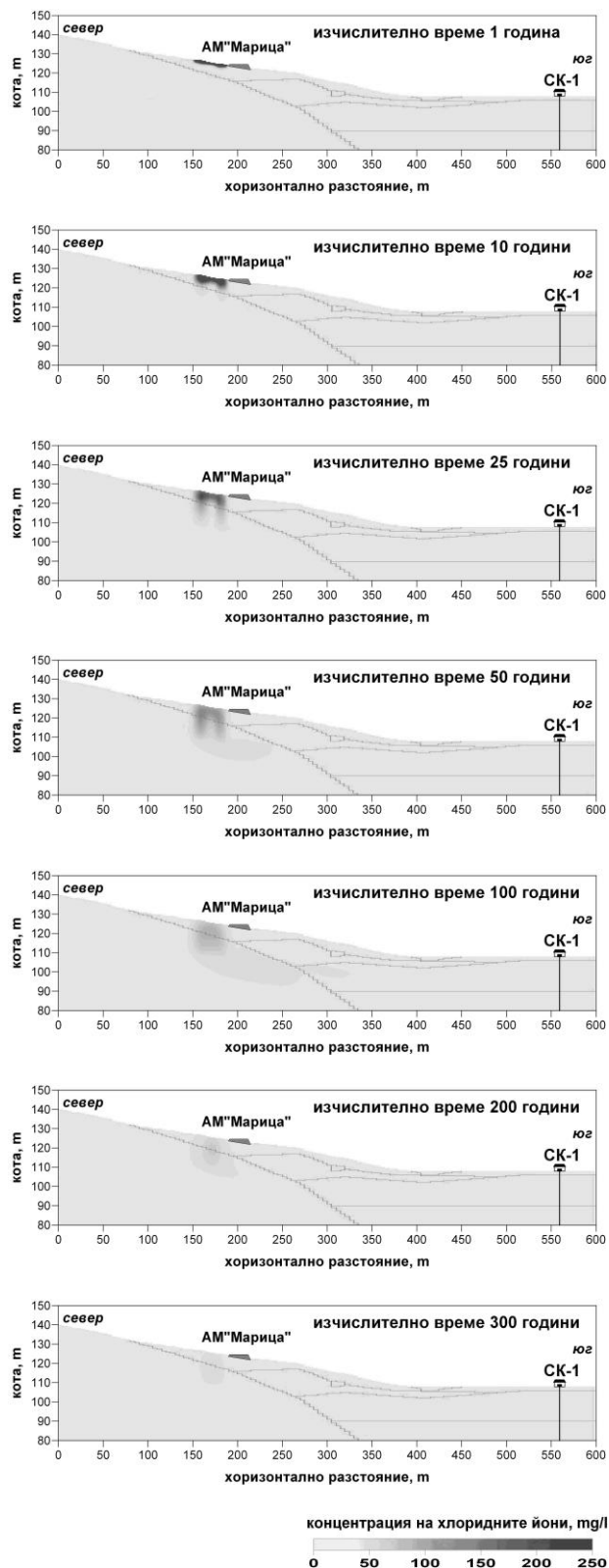
- (1) През първите десетина дни след аварията, в периода до изчистването на земната повърхност и частичното рекултивирание на засегнатия почвен слой, част от изтеклите химически замърсители ще се инфилтрират в дълбочина. Скоростта на инфилтрация ще е значителна, предвид голямата консервативност на хлоридните йони и твърде високата пропускливост на глините в приповърхностната част от геоложкия разрез.
- (2) Последващото развитие на миграционните процеси при всеки от разработените сценарии протича приблизително по една и съща схема. Все пак, нееднородността на геоложката основа от двете страни на магистралното трасе, респективно различната геометрия и пространствено положение на ниско ранговите хидрогеоложки единици в разреза предопределят и различни условия за разпространение на замърсителите.
- (3) Моделните прогнозни решения показват следните особености:



Фиг. 4. Разпространение на замърсителите при условията на I-я сценарий

#### (а) I-ви сценарий

- През първата година след аварията подвижните замърсители ще достигнат до дълбочина 1.5-2.0 m. Тук концентрацията на хлоридните йони ще е висока – около 900-1000 mg/l.



Фиг. 5. Разпространение на замърсителите при условията на II-я сценарий

- След около 5 години замърсяването ще обхване цялата дебелина на проницаемия пласт от пясъчливи глини, като постепенно ще започне да навлиза и в много слабо проницаемия пласт от блатни глини. Същевременно, движението в хоризонтална посока (на юг) ще е незначително. С разширяване обхвата на замърсената зона съдържанието на замърсителите ще

намалява и в края на посочения период ще бъде около 700-800 mg/l.

- В много слабо проницаемите блатни глинени движенията на замърсителите ще се реализира главно по дифузионен път. За период 60-70 години хлоридните йони ще достигнат до дълбочина 20 m и ще започнат да преминават в приповърхностната част на горната слабо водоносна зона на палеогенския карбонатен масив. Тяхната концентрация ще бъде незначителна – 5-10 mg/l.
- След около 90-100 години фронтът на замърсените води ще напредне до дълбочина 28-30 m и замърсителите засегнат силно проницаемия водоносен пласт в кватернерния хоризонт.
- В следващите 200-300 години хлоридните йони ще продължат, макар и изключително бавно, да преминават от много слабо проницаемия пласт от блатни глинени в силно проницаемия водоносен пласт. В кватернера замърсителите ще се движат с подземния поток – от север на юг (към р. Марица). Следва да отбележим, обаче, че концентрацията на хлоридни йони в кватернерния водоносен пласт ще е съвсем незначителна – под 10 mg/l.
- В края на прогнозния период (300 години) основното замърсяване ще се задържи главно в границите на блатните глинени, като съдържанието на хлоридни йони в най-замърсения участък няма да превишава 30-50 mg/l. Това се дължи на много ниската проницаемост и висока сорбираща способност на тези седименти.
- Проникването на замърсените води в дълбочина ще се ограничава от добре издържания комплекс от неогенски глинени. Това свидетелства, че палеогенския водоносен хоризонт в района на ВПС “Бялата вода” е добре защитен и не съществува никаква опасност постъпващите от повърхността замърсители да достигнат до основното вододобивно съоръжение – тръбен кладенец СК-1.

#### (б) II-ри сценарий

- През първата година след аварията хлоридните йони ще обхванат приповърхностната част от разреза до дълбочина 2-3 m, като концентрацията им ще е 1000 mg/l.
- За 5 години замърсителите ще преминат проницаемия пласт от пясъчливи глинени и ще започнат да навлизат в горната слабо водоносна зона на палеогенския карбонатен масив.
- След около 20-25 години замърсяването ще достигне до нивото на подземните води, като хлоридните йони ще започнат да се движат на юг – по посока на подземния поток. За 50 години замърсените води ще се придвижат на около 100 m от магистралното трасе и постепенно ще преминат в силно проницаемия водоносен пласт на кватернерния водоносен хоризонт. Тук разпространението им в дълбочина ще се ограничава от добре издържания практически водонепропусклив комплекс от неогенски глинени. Бързоподвижните замърсители ще се движат преимуществено на юг – към р. Марица, като след около 100 години ще засегнат значителна част от кватернерния силно проницаем пласт в границите на моделната област.
- Следва да обърнем специално внимание на факта, че и при този сценарий степента на замърсяване на подземните води в така очертаните максимални граници на засегнатата част от подповърхностното пространство ще е изключително ниска. Очакваната концентрация на

хлоридни йони в палеогенската слабо водоносна зона и в кватернерния водоносен пласт ще е съвсем незначителна (не по-висока от 5-6 mg/l).

- Прогнозните решения показват, че след един по-дълъг период (от около 250 години) замърсената зона в подповърхностното пространство ще започне да се изчиства от подвижни и относително консервативни замърсители. В резултат на разреждане с пресните подземни води съдържанието на хлоридни йони ще бъде в рамките на естествения фон.
- Очевидно е, че при развитието и на II-я сценарий не съществува реална опасност замърсяването да засегне палеогенския водоносен хоризонт.

В заключение може да се направи следния много важен извод: палеогенският карстов водоносен хоризонт в района на ВПС “Бялата вода” е много добре защитен подземен воден обект.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Стоянов, Н. 2003. *Оценка и прогнозиране на замърсяването на подземните води от депозити за твърди битови отпадъци*. Дисертация, С., МГУ “Св. Иван Рилски”, 215 с.
- Bear, J. 1979. *Hydraulics of Ground Water*. New York, McGraw-Hill, 569 p.
- Garabedian, S. P., L. W. Gelhar, M. A. Celia. 1988. Large-scale dispersive transport in aquifers: Field experiments and reactive transport theory. *Rep. 315, Ralph M. Parsons Lab. for Water Resour. and Hydrodyn., Mass. Inst. of Technol.*, Cambridge.
- Gelhar, L.W., C. Welty, K. R. Rehfeldt. 1992. A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers. – *Water Resour. Res.*, 28, 7, 1955-1974.
- Harpaz, Y. 1965. Field experiments in recharge and mixing through wells. *Underground Water Storage Study Tech. Rep. 17, Publ. 483, Tahal-Water Plann. for Israel*, Tel Aviv.
- Healy, R. W. 1990. Simulation of solute transport in variably saturated porous media with supplemental information on modifications to the U.S. geological survey's computer program VS2D. *USGS, Water-Resour. Inv. Rep. 90-4025*, Colorado, 125 p.
- Hsieh, P. A., W. Wingle, R. W. Healy. 2000. VS2DI – A graphical software package for simulating fluid flow and solute or energy transport in variably saturated porous media. *USGS, Water-Resour. Inv. Rep. 99-4130*, Lakewood, Co.
- Lappala, E.G., R. W. Healy, E. P. Weeks. 1987. Documentation of computer program VS2D to solve the equations of fluid flow in variably saturated porous media. *USGS, Water-Resour. Inv. Rep. 83-4099*, Colorado, 184 p.
- Papadopoulos, S. S., S. P. Larson. 1978. Aquifer storage of heated water. – *Ground Water*, 16, 4, 242-248.
- Philip, J. R. 1958. Theory of infiltration. – *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 83, 5-6; 84, 2-3-4.
- van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. – *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 44, 5, 892-898.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра “Хидрогеология и инженерна геология”, ГПФ