

ЕСТЕСТВЕНА ЗАЩИТЕНОСТ ОТ ПОВЪРХНОСТНИ ЗАМЪРСИТЕЛИ НА ПАЛЕОГЕНСКИЯ КАРСТОВ ВОДОНОСЕН ХОРИЗОНТ В РАЙОНА НА ГР. ЧИРПАН, УЧАСТЪК "БЯЛАТА ВОДА". ЧАСТ 1. ХИДРОДИНАМИЧНИ И МИГРАЦИОННИ УСЛОВИЯ ЗА ДВИЖЕНИЕ НА ЗАМЪРСИТЕЛИТЕ

Николай Т. Стоянов

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

РЕЗЮМЕ. Палеогенският карстов водоносен хоризонт на юг от Чирпан е припокриван от кватернерни и неогенски седименти (глини, пясъчливи глини, пясъци и чакъли). В покриващия терциерен комплекс се отделят няколко хидрогеоложки единици с различен ранг и сложни пространствените граници. Хидродинамичните и миграционните условия за движение на замърсители в тези материали са определени въз основа на серия от полеви филтрационни тестове и лабораторни индикаторни опити в колонии. Данните от опитите са интерпретирани с разработените от автора компютърни програми EXPRESS и LTT1DPI.

NATURAL PROTECTION FROM SURFACE POLLUTANTS TO THE PALEOGENE KARST AQUIFER IN THE REGION OF CHIRPAN, AREA "BIALATA VODA". PART 1. HYDRODYNAMIC AND MIGRATION CONDITIONS FOR MOVEMENT OF POLLUTANTS

Nikolay T. Stoyanov

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

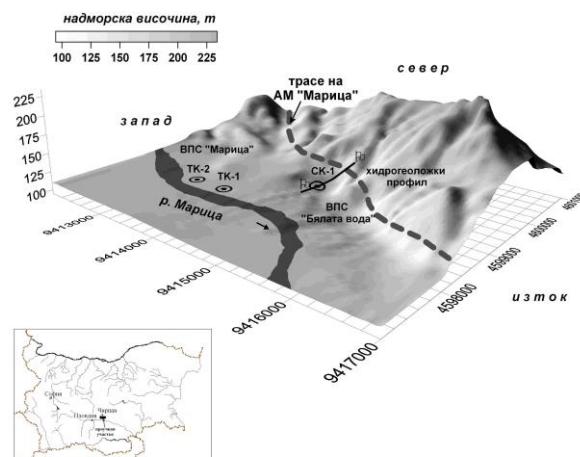
ABSTRACT. The Paleogene karst aquifer to the south of Chirpan is covered by Quaternary and Neogene sediments (clays, sandy clays, sands, and gravel). Several hydrogeological units having different ranks and complex spreading boundaries are well-distinguished in the covering Tertiary complex. The hydrodynamic and migration conditions for movement of pollutants in these materials are estimated on the base of series of field filtration tests and laboratory indicators experiments in columns. The interpretation of test results is performed applying the developed by the author computer programs EXPRESS и LTT1DPI.

Въведение

За изясняване на хидрогеоложките условия и за оценка на ресурсите на подземните води в района на юг от Чирпан в участък "Бялата вода" по различно време и от различни организации са провеждани голям брой геоложки и хидрогеоложки изследвания. Анализът на събраната до момента информация показва, че палеогенският карстов водоносен хоризонт е много перспективен източник за добив на подземни води. Наред с това, обаче, освен общата констатация за отсъствие на благоприятни условия за неговото замърсяване, липсват достатъчно убедителни данни за защитеността му спрямо повърхностни замърсители.

Този въпрос става особено актуален след приемане на окончателен вариант за проектното трасе на автомагистрала "Марица". Според проекта магистралният път пресича голяма част от територията на санитарно-охранителните зони (СОЗ) на помпени станции ВПС "Бялата вода" и ВПС "Бялата вода – извор", обезпечаващи питейното водоснабдяване на гр. Чирпан и околните селища от палеогенския карстов хоризонт (фиг. 1). Изграждането на подобни съоръжения в границите на

СОЗ, обаче, е възможно единствено при условие, че водоносният хоризонт, в който са изградени вододобивните съоръжения, представлява защитен подземен воден обект (Наредба №3/16.10.2000 г. на МОСВ, МЗ и МРРБ).



Фиг. 1. Местоположение на обекта

Всичко това мотивира провеждането на едно много детайлно хидрогеоложко изследване, чиято основна цел е да се направи точна оценка на естествената защитеност на палеогенския карстов хоризонт в участъка между проектното трасе на АМ “Марица” и ВПС “Бялата вода”. При нейното изпълнение са решени две основни задачи:

- определени са филтрационните и миграционните характеристики на седиментите, изграждащи приповърхностната част на геоложкия разрез;
- разработен е математически 2D модел на условията за движение на постъпващи от земната повърхност замърсители (по примера на хлоридните йони).

Литоложка характеристика и геометрия на хидрогеоложките единици

В последните 50-60 години подземните води в района на изследвания обект са били предмет на много проучвания от различни ведомства, организации и фирми (ВМГИ-НИС – София, КНИПИБКС “Водоканалпроект” – клон Стара Загора; “Водоканалпроект” АД – Пловдив, “Водоканалинженеринг” АД – София и др.). Основната задача на тези проучвания са питейно-битовото и промишленото водоснабдяване на гр. Чирпан и околните селища. През този период са изградени много проучвателни сондажи и кладенци, както и водоземни съоръжения (каптажи, шахтови и сондажни кладенци), повечето от които са ликвидирани или вече не са в експлоатация. Извършени са голям брой водочерпателни тестове и анализи на водни проби.

Анализът и интерпретацията на събраната архивна информация и резултатите от проведените в рамките на това проучване полеви и лабораторни изследвания позволи да се определят геометрията, пространствените граници, хидродинамичните и миграционните характеристики на основните хидрогеоложки единици, както и на ниско ранговите хидрогеоложки единици в най-горната част от разреза (до дълбочина 20 m) в участъка между трасето на АМ “Марица” и основното вододобивно съоръжение на ВПС “Бялата вода” (СК-1) – вж. фиг. 1.

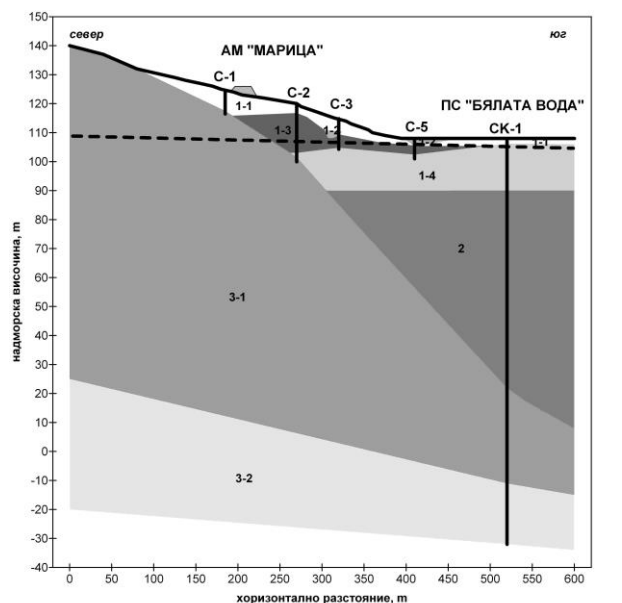
В геоложкия строеж на изследвания район участват различни по генезис и възраст терциерни седименти:

- кватернерни алувиални наслаги (чакъл, пясък, глинест пясък, пясъчлива глина, блатна глина и глина);
- неогенски глинест комплекс (глина, пясъчлива глина, чакълеста глина и глинест пясък);
- палеогенски варовик.

Кватернерните наслаги изграждат терасата на р.Марица. Общата им дебелина не надхвърля 20-25 m. Под тях в дълбочина следва неогенският глинест комплекс. Неговата дебелина варира в диапазона 60-65 m. Палеогенските варовици имат значително повърхностно разпространение в северните части на района. Тук те са частично припокрити от кватернерна делувиална глина с дебелина 0.5-1.5 m. В южна посока варовиците потъват дълбоко под неоген-кватернерната покривка. В горната част на разреза варовиците са здрави до слабо напукани, а в дълбочина под кота 25 – силно напукани и окарстени.

От хидрогеоложка гледна точка в терциерния седиментен комплекс са формирани три основни хидрогеоложки единици (фиг. 2):

1. Кватернерен водоносен хоризонт
2. Неогенски водоупорен глинест комплекс
3. Палеогенски карстов водоносен хоризонт



УСЛОВНИ ОЗНАЧЕНИЯ

КВАТЕРНЕРЕН ВОДОНОСЕН ХОРИЗОНТ	
1-1	- проницаем неводоносен пласт (песъчлива глина, прахова глина и глина)
1-2	- силно проницаем неводоносен пласт (лещи от разнорънест едър пясък и глинест пясък)
1-3	- много слабо проницаем неводоносен пласт (блатна глина)
1-4	- силно проницаем водоносен пласт (среден и едър разнорънест пясък)
НЕОГЕНСКИ ВОДОУПОРЕН ГЛИНЕСТ КОМПЛЕКС	
2	- водоупорен глинест комплекс (глина, пясъчлива глина, чакълеста глина и глинест пясък)
ПАЛЕОГЕНСКИ КАРСТОВ ВОДОНОСЕН ХОРИЗОНТ	
3-1	- първа (горна) слабо водоносна зона (варовик, слабо напукан)
3-2	- втора (долна) силно водоносна зона (варовик, силно напукан и окарстен)
---	- пиезометрично водно ниво

Фиг. 2. Хидрогеоложки профил

В кватернерния водоносен хоризонт се отделят четири ниско рангови единици:

- 1-1. Проницаем неводоносен пласт (песъчлива глина, прахова глина и глина)
- 1-2. Силно проницаем неводоносен пласт (лещи от разнорънест едър пясък и глинест пясък)
- 1-3. Много слабо проницаем пласт (блатна глина)
- 1-4. Силно проницаем водоносен пласт (среден и едър разнорънест пясък)

Палеогенският карстов водоносен хоризонт включва две ниско рангови единици:

- 3-1. Първа (горна) слабо водоносна зона (варовик, слабо напукан)
- 3-2. Втора (долна) силно водоносна зона (варовик, силно напукан и окарстен)

Геометрията и границите на дефинираните хидрогеоложки единици са илюстрирани със съставения профил в участъка между трасето на АМ “Марица” и ВПС “Бялата вода” (вж. фиг. 1 и 2), а обобщени данни за литоложките характеристики на тези единици са представени в Таблица 1.

Таблица 1

Хидрогеоложки единици в проучвания участък

Основна хидрогеоложка единица	Хидрогеоложка единица от по-нисък ранг	Литоложка характеристика	Хидрогеоложка характеристика
Кватернерен водоносен хоризонт	Проницаем пласт	песъчлива глина, прахова глина и глина	неводонос
	Силно проницаем пласт	леци от разноразноцветен едър пясък и глинест пясък	неводонос
	Много слабо проницаем пласт	блатна глина	водоупор
	Силно проницаем пласт	среден и едър разноразноцветен пясък	основен водонос
Неогенски глинест комплекс		глина, песъчлива глина, чакълеста глина и глинест пясък	водоупор
Палеогенски карстов водоносен хоризонт	Първа (горна) слабо водоносна зона	варовик, слабо напукан	слаб водонос
	Втора (долна) силно водоносна зона	варовик, силно напукан и окарстен	основен водонос

Филтрационни свойства

За изясняване на филтрационните свойства на геоложката основа в участъка между магистралното трасе и ВПС "Бялата вода" са изпълнени 9 полеви опита (експресни водоналивания) в 4 сондажа (С-1, С-2, С-3 и С-4) – вж. фиг. 2.

Опитите са изпълнени при различна дълбочина на сондиране, респ. при различна разкритост на сондажния ствол и различна височина на водния стълб, като е използвана следната технологична схема. В сондажния отвор се налива бързо известно количество вода, като сондажът се запълва до определено ниво. След това се проследява спадането на нивото, т.е. височината на водния стълб във всеки момент t от началото на опита.

Данните от водоналиванията в сух сондаж са интерпретирани по метода на Ернст, като са нанесени в координатна система $lg(h + 0.5r_0) - t$, където r_0 е радиусът на сондажния ствол. За облекчаване на изчисленията е използвана програма EXPRESS, с която е възможно да се интерпретират данни от експресни опити в шурфове и сондажи (Гълъбов, Стоянов, 2005). Нейният алгоритъм в

един от модулите използва метода на Ернст. Данните от експресните водоналивания в сондажи с водно ниво са обработени със същата програма в координатна система $lg s - t$. Ще поясним, че s е разликата между височината на водния стълб в сондажа преди опита и измерената височина на водния стълб h във всеки момент t .

Получените графични зависимости са дадени на фиг. 3-11 като с ромбчета са нанесени опитните данни, а с плътни линии – апроксимиращата права. Изчислените стойности за k са обобщени в Таблица 2.

Таблица 2

Данни за условията за провеждане на експресните опити. Резултати

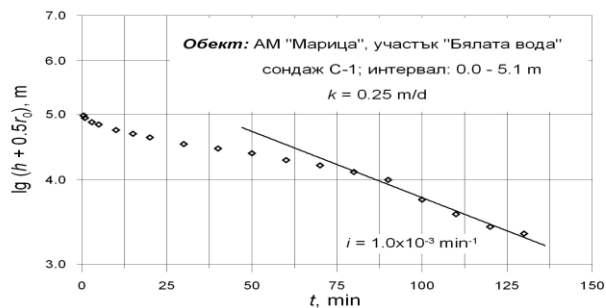
Сондаж №	Изпитван интервал от- до-, м	СВН, м	ДВН след водоналиване, м	Коеф. на филтрация k , m/d
С-1	0.0-5.1	сух ствол	0.00	0.25
	6.1-7.7	сух ствол	6.10	0.10
С-2	0.0-5.1	сух ствол	0.00	0.06
	4.7-10.0	сух ствол	4.70	0.008
	17.0-19.3	12.40	17.00	0.015
С-3	3.7-5.0	сух ствол	0.00	1.00
	4.4-9.3	сух ствол	4.40	0.02
С-4	0.0-4.0	сух ствол	0.00	0.15
	0.0-5.0	4.35	0.00	0.06

Коефициентите на филтрация k за всяка от детерминиранияте хидрогеоложки единици, са определени след внимателен анализ на наличната архивна информация и на резултатите от интерпретацията на проведените експресни водоналивания. Ще отбележим, че при наличие на няколко опитно определени стойности на k в границите на една хидрогеоложка единица, с оглед на известен инженерен запас за средния коефициент на филтрация на съответната единица е приета по-високата стойност. Така определените стойности за k са представени в Таблица 3.

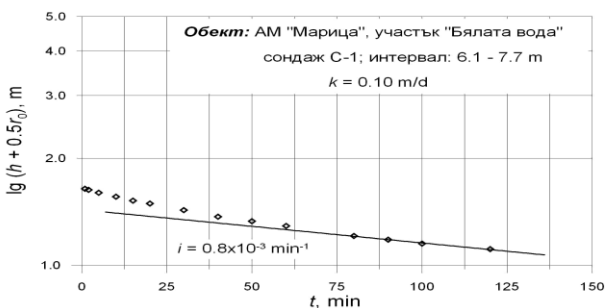
Таблица 3

Средни стойности на коефициента на филтрация k

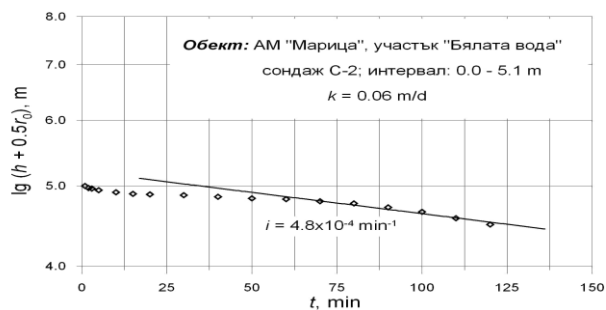
Основна хидрогеоложка единица	Хидрогеоложка единица от по-нисък ранг	Коефициент на филтрация k , m/d
Кватернерен водоносен хоризонт	Проницаем пласт	0.25
	Силно проницаем пласт	1.00
	Много слабо проницаем пласт	0.02
	Силно проницаем пласт	30.0
Неогенски водоупорен глинест комплекс		0.005
Палеогенски карстов водоносен хоризонт	Първа (горна) слабо водоносна зона	0.25
	Втора (долна) силно водоносна зона	15.0



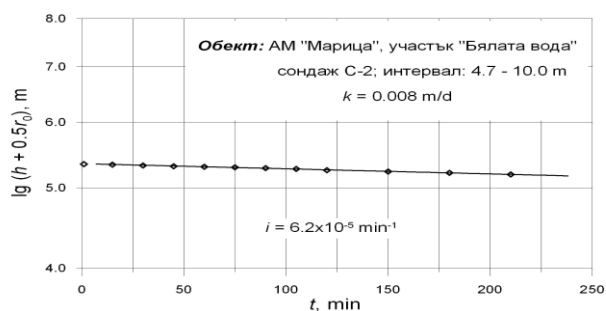
Фиг. 3. Резултати от интерпретацията на данните от опит №1



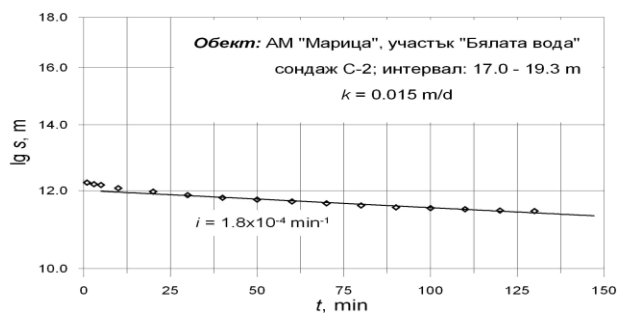
Фиг. 4. Резултати от интерпретацията на данните от опит №2



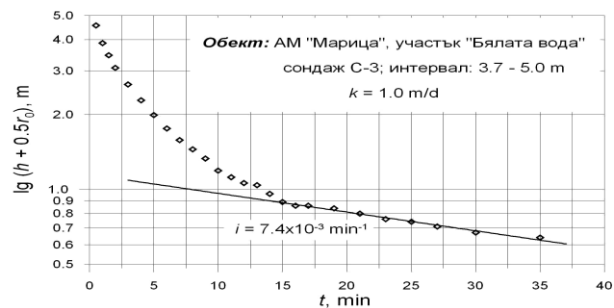
Фиг. 5. Резултати от интерпретацията на данните от опит №3



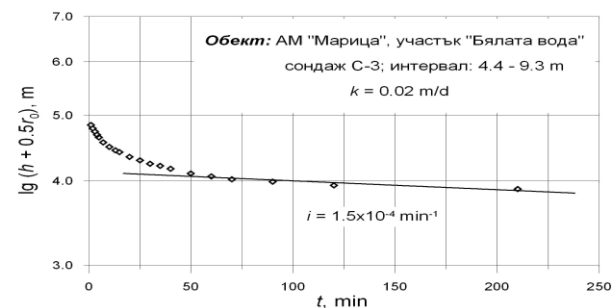
Фиг. 6. Резултати от интерпретацията на данните от опит №4



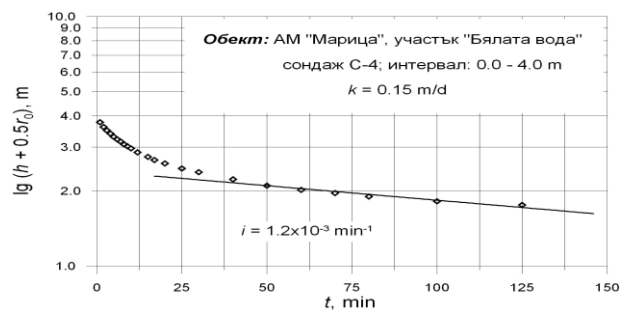
Фиг. 7. Резултати от интерпретацията на данните от опит №5



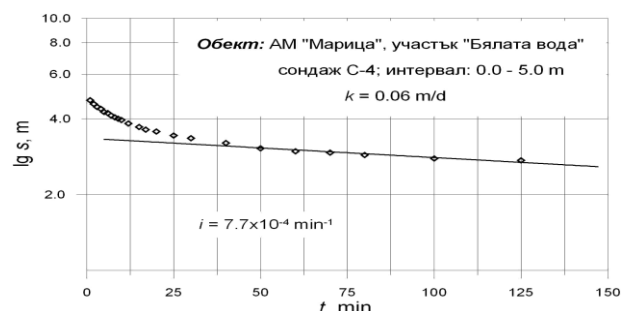
Фиг. 8. Резултати от интерпретацията на данните от опит №6



Фиг. 9. Резултати от интерпретацията на данните от опит №7



Фиг. 10. Резултати от интерпретацията на данните от опит №8



Фиг. 11. Резултати от интерпретацията на данните от опит №9

Миграционни характеристики

За определяне на някои по-важни миграционни характеристики на геоложката основа в района на ВПС "Бялата вода" са проведени 6 лабораторни индикаторни опита в колони. Подробности, относно схемата и техниката за изпълнение на тези опити, могат да се намерят в голям брой литературни източници (Веригин, 1977; Гълъбов, Пенчев, 1986; Стоянов, 2006; и др.).

При изследванията като индикатори са използвани хлоридни йони. Изборът им е мотивиран и от това, че

поради своята консервативност хлоридните йони са едни от най-подвижните замърсители и маркират фронта на замърсяване на подземните води.

За моделиране на филтрационната среда са използвани земни проби, които са представителни за основните литоложки разновидности в геоложкия разрез до дълбочина 20 m. Две от тях са взети от проницаемия пласт (глина), който е установен в приповърхностната част на разреза, една – от лежащия под него много слабопроницаем пласт (блатна глина), две – от силно проницаемия неводоносен пласт (пясък и пясъчливи глини) и една – от силно проницаемия водоносен пласт (пясък) (вж. Таблица 4).

Таблица 4

Данни за условията за провеждане на индикаторните опити в колоните

Колоната №	Колоната 1	Колоната 2	Колоната 3
Литоложка разновидност	Прахова глина	Песъчлива глина	Прахова глина
Хидрогеоложка единица	Проницаем пласт	Силно проницаем пласт	Проницаем пласт
Дължина на пробата x , m	0.09	0.09	0.09
Радиус на колоната r , m	0.008	0.008	0.008
Скорост на филтрация v , m/d	0.240	0.272	0.232
Входна концентрация на Cl^- c_0 , g/l	15.985	15.505	15.755
Фоновата концентрация на Cl^- c_v , g/l	0.00	0.00	0.00

Таблица 4

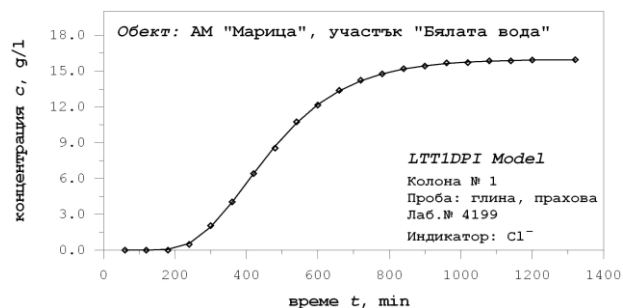
(продължение)

Колоната №	Колоната 4	Колоната 5	Колоната 6
Литоложка разновидност	Едър пясък, заглинен	Среден пясък, заглинен	Прахова глина
Хидрогеоложка единица	Силно проницаем пласт	Силно проницаем пласт	Много слабо проницаем пласт
Дължина на пробата x , m	0.09	0.09	0.09
Радиус на колоната r , m	0.008	0.008	0.008
Скорост на филтрация v , m/d	0.328	0.320	0.246
Входна концентрация на Cl^- c_0 , g/l	13.243	13.595	15.705
Фоновата концентрация на Cl^- c_v , g/l	0.00	0.00	0.00

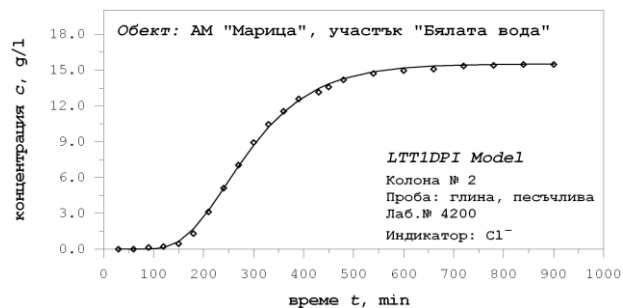
При подготовката на изходните индикаторни разтвори за всеки опит е използвана дестилирана вода, в която е разтворено определено количество натриев хлорид (NaCl). Входните концентрации c_0 на хлоридните йони (Cl^-) са посочени в Таблица 4. В същата таблица са представени и данни за геометричните характеристики на вградените земни проби, за скоростта на филтрация v и за фоновата концентрация c_v . В хода на всеки опит през различни интервали са вземани водни проби и е определяна концентрацията на Cl^- в тях.

За определяне на миграционните характеристики на филтрационната среда получените експериментални зависимости, описващи изменението на концентрацията на Cl^- във времето $c(t)$, са интерпретирани с компютърна програма LTT1DPI (Стоянов, 2003).

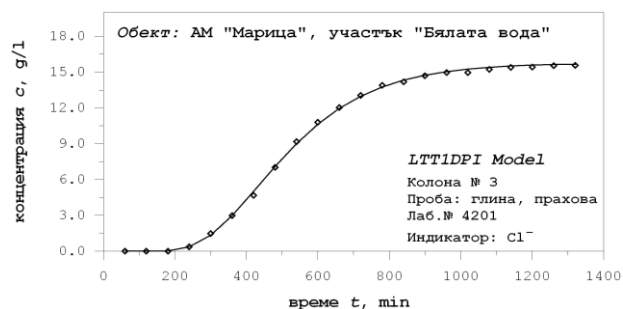
Експерименталните данни са илюстрирани с ромбчета на графичните зависимости, представени на фигури 12-17. На същите графики с плътни линии са представени и получените с компютърната програма LTT1DPI идентификационни (апроксимиращи) криви. Определените стойности на λ_S и на α_L са дадени в таблица 5.



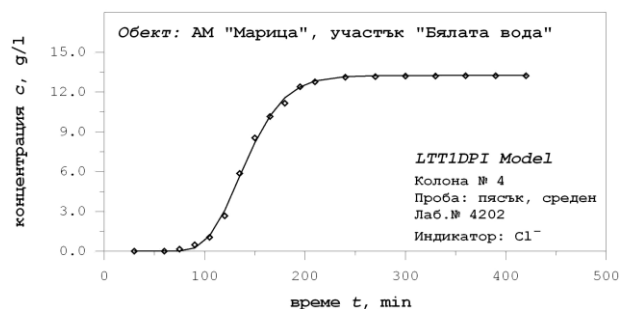
Фиг. 12. Филтрационна колона 1. Индикатор Cl^- .



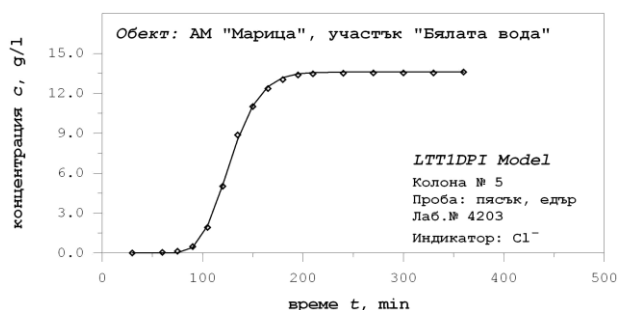
Фиг. 13. Филтрационна колона 2. Индикатор Cl^- .



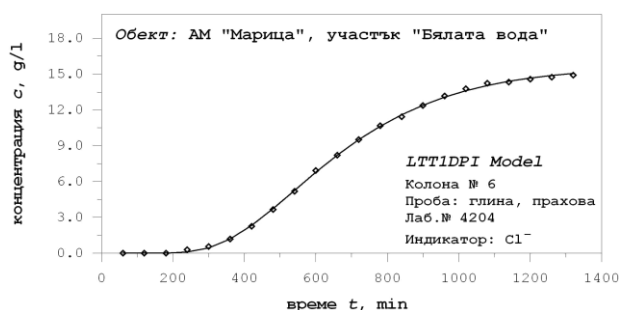
Фиг. 14. Филтрационна колона 3. Индикатор Cl^- .



Фиг. 15. Филтрационна колона 4. Индикатор Cl^- .



Фиг. 16. Филтрационна колона 5. Индикатор Cl^- .



Фиг. 17. Филтрационна колона 6. Индикатор Cl^- .

Таблица 5

Резултати от интерпретацията на данните от индикаторните опити в колони

Колона №	Литоложка разновидност	Хидрогеоложка единица	n_s , -	α_L , m
1	Прахова глина	Проницаем неводоносен пласт	0.91	0.078
2	Песъчлива глина	Силно проницаем неводоносен пласт	0.64	0.007
3	Прахова глина	Проницаем неводоносен пласт	0.97	0.007
4	Едър пясък, заглинен	Силно проницаем неводоносен пласт	0.36	0.002
5	Среден пясък, заглинен	Силно проницаем водоносен пласт	0.32	0.002
6	Прахова глина	Много слабо проницаем пласт	1.33	0.008

Въз основа на представените в Таблица 5 резултати от идентификационните процедури могат да се направят следните по-важни изводи относно миграционните характеристики на потенциалната среда за

разпространение на замърсителите в геоложката основа в участъка на ВПС "Бялата вода".

- Праховите глин, изграждащи проницаемия неводоносен пласт, притежават голяма способност да задържат вещество. Сорбционната порестост n_s на тези седименти е в диапазона 0.91-0.97, т.е. тя е много по-висока от общата им порестост. Затова може да се очаква, че постъпилите в тях замърсители ще се движат много бавно.
- Песъчливите глин и глинестите пясъци на силно проницаемия неводоносен пласт имат сравнително ниска сорбционна порестост (n_s варира в границите от 0.36 до 0.64). Това предполага, че имат и твърде ограничена способност да възпрепятстват разпространението на замърсители.
- Пясъците, изграждащи силно проницаемия водоносен пласт, се характеризират с незначителна способност да задържат вещество. Сорбционната им порестост ($n_s=0.32$) е съизмерима с тяхната обща порестост. Следователно постъпващите в тях бързо подвижни замърсители (напр. Cl^-) ще се движат със скоростта на подземните води.
- Праховите (блатни) глин от много слабо проницаемия пласт имат твърде висока сорбционна порестост ($n_s=1.33$). Голяма задържаща способност на тези седименти в съчетание с ниските им филтрационни характеристики ги прави сигурна преграда срещу постъпващите от повърхността замърсители.
- Получените при експериментите стойности на надлъжната дисперсивност α_L за всички изследвани проби са изключително ниски – от порядъка на няколко милиметра. Това е свързано с малкия мащаб на лабораторните тестове. Ето защо, при математическото моделиране на условията за движение на замърсителите е препоръчително за α_L да се използват посочените в специализираната литература стойности за съответните литоложки разновидности.

Литература

- Веригин, Н. (ред.). 1977. *Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород*. М., Недра.
- Гълъбов, М., П. Пенчев. 1986. *Решаване на приложни хидрогеоложки задачи с помощта на ЕИМ*. С., Техника.
- Гълъбов, М., Н. Стоянов. 2005. *Динамика на подземните води*. С., Изд. В. Недков.
- Стоянов, Н. 2003. *Оценка и прогнозиране на замърсяването на подземните води от депа за твърди битови отпадъци*. Дисертация. С., МГУ "Св. Иван Рилски", 215 с.
- Стоянов, Н. 2006. Идентификация на миграционните параметри на порестата среда по данни от лабораторни опити в колони. *Сп. БУЛАКВА*, 1.

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