

ЗАДАЧА “ КОМПЛЕКСНИ ГЕОЛОЖКИ, ГЕОФИЗИЧНИ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОЖКИ И ХИДРОГЕОЛОЖКИ
ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ТЕРИТОРИЯТА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ
ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПЛОЩАДКИ ЗА ОТПАДЪЦИ”

Втори етап / Първи подетап и Трети етап : Определяне на площадка за изграждане на регионално
депо за твърди битови отпадъци на територията на общини Велико Търново, Елена, Златарица,
Лясковец, Горна Оряховица и Стражица
(допълнителна задача, възложена в рамките на Трети етап)

ДОКЛАД

ЗА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ПРОВЕДЕНИТЕ ПРЕДПРОЕКТНИ (ДЕТАЙЛНИ) ГЕОЛОЖКИ,
ГЕОФИЗИЧНИ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОЖКИ, ХИДРОГЕОЛОЖКИ И ХИДРОЛОЖКИ
ПРОУЧВАНИЯ НА ПЛОЩАДКА № 5 ОБЩИНСКО СМЕТИЩЕ ВЕЛИКО ТЪРНОВО
ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА РЕГИОНАЛНО ДЕПО ЗА ТВЪРДИ БИТОВИ ОТПАДЪЦИ



София, НОЕМВРИ 2007

ДОКЛАД

ЗА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ПРОВЕДЕНИТЕ ПРЕДПРОЕКТНИ (ДЕТАЙЛНИ) ГЕОЛОЖКИ, ГЕОФИЗИЧНИ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОЖКИ, ХИДРОГЕОЛОЖКИ И ХИДРОЛОЖКИ ПРОУЧВАНИЯ НА ПЛОЩАДКА № 5 ОБЩИНСКО СМЕТИЩЕ ВЕЛИКО ТЪРНОВО ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА РЕГИОНАЛНО ДЕПО ЗА ТВЪРДИ БИТОВИ ОТПАДЪЦИ

АВТОРСКИ КОЛЕКТИВ:

1. доц. д-р Стефчо Стойнев
2. доц. д-р Николай Стоянов
3. гл. ас. Антонио Лаков
4. доц. д-р Павел Пенчев
5. инж. Константин Кузманов
6. инж. Водослав Недялков
7. инж. Виктория Чернева
8. инж. Тенко Тенев
9. проф. дгн Хрисчо Хрисчев
10. ст.н.с. д-р Валентин Георгиев
11. инж. Ирен Илиева
12. геолог Стефан Начев
13. д-р инж. Мария Тонева
14. инж. Петър Недялков
15. инж. Венцислав Лапев
16. инж. Петър Тонков
17. инж. Анастас Андреев
18. геолог Веселин Вълков
19. геолог Веселин Вълев
20. геолог В. Грозданов

Ръководител на колектива :

(доц. д-р Стефчо Стойнев)

Управител на Консорциум Геокомплекс ООД:

(д-р Валентин Георгиев)

София, ноември 2007 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДОЛОГИЯ И ОБЕМ НА ГЕОЛОГО-ПРОУЧВАТЕЛНИТЕ РАБОТИ	6
1.1. ПОЛСКО-ПРОУЧВАТЕЛНИ РАБОТИ.....	6
1.1.1. Геоложко, инженерногеоложки и хидрогеоложко картиране и хидроложки оглед	6
1.1.2. Сондажни проучвателни дейности	6
1.1.3. Геофизични проучвателни дейности	7
1.1.4. Опробване	7
1.1.5. Опитно-филтрационни изследвания (ОФИ)	7
1.1.6. Геодезични работи.....	8
1.2. ЛАБОРАТОРНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ.....	8
1.3. КАМЕРАЛНИ ДЕЙНОСТИ	8
2. ФИЗИКОГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА.....	9
2.1. ГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА	9
2.2. ГЕОМОРФОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА	11
2.3. КЛИМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА	13
2.4. ХИДРОЛОЖКИ УСЛОВИЯ.....	15
2.4.1. Хидрографна характеристика	15
2.4.2. Характеристика на дъжда.....	15
2.4.3. Хидроложки параметри на интензивните дъждове при различна обезпеченост.....	17
3. ГЕОЛОГО-ТЕКТОНСКА ХАРАКТЕРИСТИКА.....	19
3.1. ГЕОЛОГО-ТЕКТОНСКИ СТРОЕЖ НА РАЙОНА ОКОЛО ПЛОЩАДКА.....	19
3.2. ГЕОЛОЖКИ СТРОЕЖ НА ПЛОЩАДКАТА.....	24
4. ИНЖЕНЕРНОГЕОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА	28
4.1. ИНЖЕНЕРНОГЕОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА СТРОИТЕЛНИТЕ ВИДОВЕ ПОЧВИ.....	28
4.2. ФИЗИКО-ГЕОЛОЖКИ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕСИ	31
4.3. ИНЖЕНЕРНОГЕОЛОЖКИ УСЛОВИЯ ЗА СТРОИТЕЛСТВОТО.....	32
5. ХИДРОГЕОЛОЖКИ УСЛОВИЯ.....	33
5.1. ПОДЗЕМНИ ВОДИ И ВОДОНОСНИ ХОРИЗОНТИ. РЕЖИМ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ.....	33
5.2. ФИЛТРАЦИОННИ ПАРАМЕТРИ НА ОСНОВНИТЕ ХИДРОГЕОЛОЖКИ ЕДИНИЦИ.....	33
5.3. МИГРАЦИОННИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ОСНОВНИТЕ ХИДРОГЕОЛОЖКИ ЕДИНИЦИ.....	41
5.4. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛИ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА ЗАМЪРСИТЕЛИТЕ В ПОДПОВЪРХНОСТНОТО ПРОСТРАНСТВО	45
5.4.1. Методика и инструменти на математическото моделиране	45
5.4.2. Концептуален модел	46
5.4.3. Композирание на математическия модел.....	48
5.4.4. Резултати от математическото моделиране	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
ЛИТЕРАТУРА.....	61

ГРАФИЧНИ ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Теренно-ситуационен план с местоположение на геолого-проучвателните изработки М 1:2000
2. Инженерно-геоложки профили х М 1:2000, в М 1:500
3. Сондажни колонки М 1:100

ТЕКСТОВИ ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Фототаблица
2. Протоколи за резултатите и обработката на данните от ОФИ
3. Протоколи от лабораторни изследвания
4. Доклад за извършените геофизични изследвания на площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново
5. Обяснителна записка и координатен регистър на сондажи и геофизични профили

ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящият доклад е изготвен във връзка с изпълнението на Договор № 551/22.10.2004 г. между Министерство на околната среда и водите (в качеството на Възложител) и Консорциум Геокомплекс ООД (в качеството на Изпълнител) за изпълнение на обществена поръчка с предмет “Комплексни геоложки, геофизични, инженерно-геоложки и хидрогеоложки изследвания на територията на Република България за определяне площадки за отпадъци”. По-конкретно докладът е изготвен в рамките на изпълнението на III-ти етап (януари 2006 – декември 2007 г.) от гореспоменатия договор. Площадката е избрана от общините в региона, за което МОСВ е уведомено с писмо изх. № 30/28.06.2007 г. на Сдружение „За чисти селища”. С писмо изх. № 08-00-734/12.07.2007 г. МОСВ възложи на Консорциум Геокомплекс ООД извършването на детайлни геологопроучвателни работи на тази площадка.

Докладът съдържа резултатите от проведените предпроектни (детайлни) геоложки, геофизични, инженерно-геоложки и хидрогеоложки проучвания на площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново, определена като потенциална площадка за изграждане на регионално депо за битови отпадъци за нуждите на следните общини: Велико Търново, Елена, Златарица, Лясковец, Горна Оряховица и Стражица. В съответствие с изискванията на Възложителя на територията на същия регион е детайлно проучена още една потенциална площадка – площадка № 22 Асеново-запад, като резултатите от проведените предпроектни геолого-проучвателни работи на тази площадка са отразени в отделен геоложки доклад.

Проведените на площадката геолого-проучвателни дейности са в съответствие с одобрения от Възложителя общ технически проект за I-ви подетап на 2005 г. за проучвателните дейности по определяне на потенциални площадки и респективно – провеждане на предпроектни (детайлни) геоложки, инженерногеоложки, хидрогеоложки и хидроложки проучвания на тези площадки (представен в началото на януари 2005 г.). Определянето на конкретните видове и обеми геолого-проучвателни работи за площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново е отразено в отделен (и конкретен) технически проект, изготвен въз основа на резултатите от проведените предварителни картографски и теренни проучвания за определяне на потенциални площадки за депа, обобщени в одобрения от Възложителя “Доклада за резултатите от предварителната селекция на потенциални площадки, подходящи за депа за твърди битови отпадъци на територията на общини Велико Търново, Елена, Златарица, Лясковец, Горна Оряховица и Стражица”.

Проведените геолого-проучвателни работи са изпълнени изцяло от специализирани експертни и проучвателни колективи на съдружниците в Консорциум Геокомплекс ООД както следва:

- Предварителна селекция на потенциални площадки с картографски и ГИС методи и теренни проучвания – от експертен колектив на ГеоМарин център ООД;
- Сондажни и геофизични дейности, геодезична привръзка на проучвателните изработки – от експертни и сондажни колективи на ГеоЛинт ООД;
- Специализирани полеви геоложки дейности – геолошко обслужване на сондажните дейности, провеждане на ОФ и други полеви геологопроучвателни дейности – от специалисти на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски” и ГеоЛинт ООД;

- Геоморфоложко и геоложко картиране на определените потенциални площадки – от специалисти на Геология и Геофизика АД;
- Лабораторни изследвания – от лабораториите на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”;
- Дейности по математическо моделиране на движението на потенциални замърсители в площадките – от специалисти на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”;
- Дейности по обработка и интерпретация на данните от проведените проучвателни работи и лабораторни изследвания и изготвяне на окончателни геоложки доклади – от специалисти на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, ГеоЛинт ООД и ГеоМарин център ООД
- Научно-методичен Ръководител Ръководител на експертния колектив, изготвил настоящия доклад е доц. д-р инж. Стефчо Стойнев. Координацията на полевите геологопроучвателни дейности е осъществена от инж. Петър Недялков, координатор на проекта. Общото ръководство на проекта е осъществено от д-р Валентин Георгиев, управител на Консорциум Геокомплекс ООД.

1. МЕТОДОЛОГИЯ И ОБЕМ НА ГЕОЛОГО-ПРОУЧВАТЕЛНИТЕ РАБОТИ

За изясняване на геоморфоложките, хидроложките, геоложките, инженерногеоложките и хидрогеоложки условия на площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново, намираща се в землището на община Велико Търново бяха извършени комплекс от полско-проучвателни, лабораторни и камерални дейности, чийто видове и обем съответстваха на заложените в работната програма на представения в МОСВ “Проект за провеждане на предпроектни (детайлни) геоложки, геофизични, инженерно-геоложки, хидрогеоложки и хидроложки проучвания на площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново”.

1.1. Полско-проучвателни работи

1.1.1. Геоложко, инженерногеоложки и хидрогеоложко картиране и хидроложки оглед

Инженерногеоложката и хидрогеоложка картировка бяха направени върху топографска картна основа в М 1:2000. Бяха документирани морфоложките, инженерногеоложките и хидрогеоложки елементи на геоложката среда в проучвания район. Изяснени са възможностите за акумулация на подземни води, условията на подхранване и дрениране, развитието на физикогеоложки явления и процеси.

Хидроложкият оглед имаше за цел да даде обща характеристика на площадката по отношение на наличие и режима на повърхностен отток на реки и/или дерета, извори, кладенци, сондажи, заблатявания и др. Проследени бяха по-съществените дерета, тяхната форма, особеностите на водосборната област.

1.1.2. Сондажни проучвателни дейности

Прокарани са 8 броя проучвателни ядкови сондажа с общ обем 124 m (Гр. приложение 3). Тяхното разположение е дадено на приложения теренно-ситуационен план в М 1:2000 (Гр. приложение 1), а дълбочините и извършените изследвания – в Таблица 1.1-1.

Таблица 1.1-1.

Дълбочина и вид на проучвателните сондажи

№ на сондажа	Дълбочина, m	Вид на сондажа
С-1	15,00	Инженерногеоложки , ОФИ
С-2	18,00	Инженерногеоложки
С-3	16,00	Инженерногеоложки, ОФИ
С-4	15,00	Инженерногеоложки
С-5	15,00	Инженерногеоложки
С-6	15,00	Инженерногеоложки
С-7	15,00	Инженерногеоложки
С-8	15,00	Инженерногеоложки, ОФИ
Общо	124,00	

Разположението на сондажите е определено въз основа на резултатите от проведените предварителни проучвания на площадката. Чрез прокарването им е конкретизиран геоложкият разрез и са изяснени инженерно-геоложките и хидрогеоложки условия. Дълбочината на проучвателните сондажи бе предвидена така, че да бъдат

определени геометричните параметри на пластовете от кватернерната покривка и нейната обща дебелина, състоянието на докватернерната подложка, да бъде достигнато евентуално водно ниво и да бъдат проведени ОФИ.

Проучвателните сондажи са прокарани със сондажни апаратури УКБ 500С. Сондирането е ядково, с диаметър на сондиране 112 – 146 mm. Дълбочините на отделните проучвателни сондажи и тяхното предназначение са дадени в Таблица 1.1-1. В кватернерните отложения е сондирано на сухо, а в скалните разновидности с промивка. Три от сондажите (С-1, С-3 и С-8) бяха допълнително оборудвани за провеждане на опитно-филтрационни изследвания.

1.1.3. Геофизични проучвателни дейности

Геофизичното проучване бе проведено с цел конкретизация на геоложкия разрез, доуточняване на геометричните взаимоотношения между отделните литоложки разновидности, състоянието на докватернерната покривка и правилно насочване на сондажните работи. За тази цел бе направено геофизично профилиране на 2 броя профили с обща дължина 565 m (Текст. приложение 4). Всички профили са нивелирани и координирани инструментално.

За провеждане на електро-геофизичните изследвания е използвана апаратура **SYSCAL Junior** и многоелектродна система **MULTINODE** на френската фирма **IRIS Instruments Co.** Измерванията са напълно автоматизирани с микропроцесорен контрол: автоматична корекция за собствен потенциал, автоматично влизане в обхват, цифрово натрупване и осредняване, индикация грешките на дисплей.

Електричните измервания са извършени, посредством мултиелектродна схема “Pole – Dipole”, като електродите са през 2,50 и 5 m, което позволява измерване на дълбочина до 30,0 – 35,0 m (*при $\Delta X = 5 m$*).

Обработката на резултатите е извършена посредством компютърна програма **RES2DINV**, която автоматично определя 2-D модела на истинското електрическо съпротивление за геоложкия разрез, като се използват данните, получени от полевите измервания.

1.1.4. Опробване

От преминалите в проучвателните сондажи разновидности са взети 28 броя ненарушени проби. Лабораторните изследвания на земните и скалните проби включват определянето на физичните и якостно-деформационните свойства на отделените в геоложкия разрез инженерно-геоложки разновидности. За изследване водопропускливостта на свързаните дисперсни почви са направени консолидационни изпитвания на 4 броя проби.

1.1.5. Опитно-филтрационни изследвания (ОФИ)

Значителната литоложка нееднородност и наличието на изветрителни зони, установени при проучването, наложиха провеждането на опитно-филтрационни изследвания (ОФИ). В сондажи С-1, С-3 и С-8 бяха проведени 6 броя водоналивания при различна дълбочина на сондиране, респ. различна разкритост на сондажния ствол и височина на водния стълб – Гр. приложение 2, Текст. приложение 2.

1.1.6. Геодезични работи

Геодезичното заснемане на сондажите и геофизичните профили беше извършено през месец юли. Геологопроучвателните изработки – сондажи и геофизични профили са заснети инструментално с Wild Di 3S с теодолит T2 по полярен способ с отворени полигони и свободни точки. Теренно-ситуационния план в мащаб 1:2000 е изработен по единни топографски карти, чрез сканиране, мащабиране и изравняване чрез афинно преобразуване.

Координатният регистър (Текст. приложение 5) на заснетите проучвателни изработки е изработен в Координатна система 1970г. и височинна – «Балтийска». Координатите и котите на геологопроучвателните изработки са въведени в модела в цифров вид. Изработен е цифров модел във формат *.dwg в 2D дименсия и в универсален dxf формат, съвместим с Mapinfo.

1.2. Лабораторни изследвания

От прокараните проучвателни сондажа бяха взети 27 броя земни и скални проби (Текст. приложение 3). Бяха опробвани всички установени при проучването инженерно-геоложки разновидности. За всяка разновидност са определени физикомеханичните свойства, необходими за проектиране на сгради и съоръжения. На 4 броя проби бяха направени консолидационни изследвания за определяне водопропускливостта на разновидностите, изграждащи най-горната част от геоложкия разрез.

Лабораторните изследвания са направени в акредитирана лаборатория съгласно съответните БДС. Обемните плътности са определени от сондажната ядка, за да се отчете влиянието на чакълестата фракция. Деформационните свойства са определени чрез компресионни изследвания при пет степени на натоварване - 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 4,0.105 Pa. Компресионният модул е определен за три стойности на нормалния товар - 1,0; 2,0 и 3,0.105 Pa.

За определяне миграционните характеристики на евентуално попаднали замърсители в геоложката среда бяха проведени 3 броя миграционни опита – в кафявите прахово-песъчливи глини и светлокафявите делувиално-елувиални прахово-песъчливи глини.

1.3. Камерални дейности

Камералните дейности включваха обобщаване на съществуващи за района архивни материали, обработка, систематизация и анализ на резултатите от проведените полско-проучвателни и лабораторни работи и създаване на математичен модел за движение на замърсители при евентуалното им проникване в геоложката среда.

Архивни материали бяха използвани главно за изготвяне на физикогеографската характеристика на площадката, както и като база за изготвяне на геоложката карта на проучвания район. За характеризирание на метеороложките и хидроложките условия бяха използвани налични данни от климатични и хидроложки справочници на НИМХ към БАН, Бюлетени за околната среда на МОСВ, специализирани литературни източници.

При анализа и интерпретацията на резултатите от геофизичните проучвания, ОФИ, миграционните изследвания са използвани съвременни компютърни програми позволяващи по-висока точност на анализите и по-голяма достоверност на получаваните резултати. На базата на получените резултати е съставен двумерен математичен модел за прогноза на замърсяването при евентуално проникване на сметищен инфилтрат в геоложката среда. Прогнозните оценки са направени за различни периоди от време.

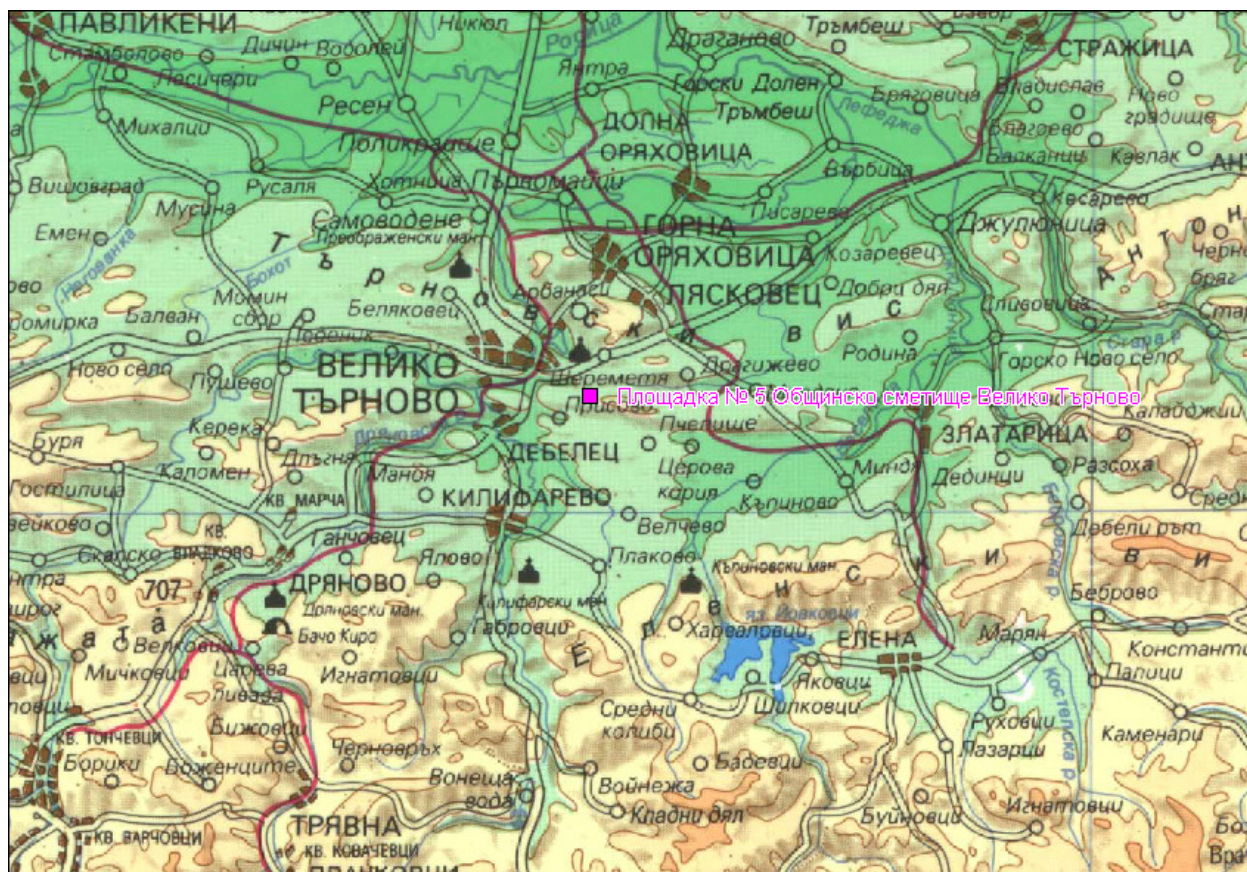
2. ФИЗИКОГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1. Географска характеристика

Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново попада в Старопланинската природогеографска област, Подблест Предбалкан (Фиг. 2.1-1.). В района преобладава хълмисто-ридов релеф. Площадката е разположена върху склон с южно изложение на локално възвишение (426,26). Северозападно от северозападния край на площадката се намира действащото Общинско сметище на ВеликоТърново (Фиг. 2.1-2, Текст. приложение 1).

На около 450 m южно и почти успоредно на южната граница на площадката минава десен приток на р. Янтра, който се влива в нея при с. Върбица. На около 1 km югозападно от площадката има микроязовир, а до вливането му в реката има още три язовира (Черни мост, Добри дел и един до устието).

На около 2 km от площадката се намират селата Драгижево (на изток) и Шереметя на северозапад, а гр. ВеликоТърново е на около 7 km на северозапад.



Фиг. 2.1-1. Физикогеографска карта с местоположението на площадката

Фиг. 2.1-2.

2.2. Геоморфоложка характеристика

Във физикогеографско отношение проучената площадка попада в Среднопредбалканския район от Старопланинската област. Характеризира се с гънкови и гънково-разломни морфоструктури и хълмист релеф.

От проведеното геоморфоложко картиране в М 1:5 000 на площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново се установяват следните форми на релефа: ерозионно-акумулативни, речни, азонални и генетични, структурни, склонови и антропогенни (Фиг. 2.2-1).

Ерозионно-акумулативните форми са представени от едно много добре изразено морфоложко ниво (стъпало) от плио-плейстоценската ерозионно-акумулативна повърхнина (първи цикъл). Прокараните тук сондажи С-4 и С-8, както и тези южно и източно от тях (С-1 и С-5) потвърждават предположението, че акумулативната покривка, моделирана върху нивото през плио-плейстоцена (представена от тъмно кафяви- до ръждиви глини) е била еродирана след долния плейстоцен и преотложена като делувиален шлейф с дебелини – 12 m (сондаж С-5) и 10,5m (сондаж С-1). Върху нивото на стъпалото от нея са запазени само отделни петна с дебелини до 1 m (сондаж С-4).

Речните форми на релефа са представени от безименен приточен дол, суходолие и ровини. Долът е със съвременен ерозионно всичане (1–2 m) и с временно течащи води. Началото му започва от действащо сметище, което е предпоставка за силно замърсените му води, оттичащи се към малка река южно от разглежданата площадка. Суходолието и ровините са със сравнително слаба морфоложка изразеност и влияние върху околната среда.

Азоналните и генетични форми се проследяват в източните и южни части на площадката. Представени са от добре изразен делувиален шлейф. Делувиалните наслаги в него и дебелините им са подсечени от всички прокарани сондажи: С-7 – 9,20 m, С-5 – 12 m, С-6 – 12 m, С-1 – 10,5 m, С-2 – 14,10 m и С-3 – 9,5 m. Характерът на делувия зависи от подхранването. В източните части на площадката той е глинесто-песъчлив, като цветът му е от светлокафяв до жълтеникав. Подхранването тук преобладаващо е от моноклиналния рид северно от площадката.

Структурните форми са отразени чрез едно малко по размер моноклинално стъпало (кот), проследяващо се в най-северозападната част на площадката до действащото сметище.

Склоновите форми са два вида: стръмен залесен склон с проява на ерозионни процеси и полегат затревен и частично залесен склон със слаба проява на ерозионни процеси. Първият е формиран северно от площадката, непосредствено под откоса на голям моноклинален рид (куест) с простиране запад–изток (извън границата на разглежданата площ). Вторият преобладаващо е по западната граница на площадката и извън нея.

Антропогенните форми са представени от малки откоси, вероятно служили за граници на полеви имоти и от действащо сметище в най-северозападния край на площадката.

Геоморфоложката характеристика на площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново показва, че използването ѝ е подходящо за депо на твърди битови отпадъци само след като се ограничи достъпът им до приточния дол по западната граница на площадката.

Фиг. 2.2-1

2.3. Климатична характеристика

Площадките попадат в Умереноконтиненталната климатична област, район на Дунавската хълмиста равнина. Климатичната характеристика на площадката е направена по данни на хидрометеорологичната станция В. Търново (128 m). Средномесечните стойности на основните метеорологични параметри съгласно Климатичен справочник на Република България са представени в Табл. 2.3–1.

Таблица 2.3-1

Средномесечни стойности на основните метеорологични параметри

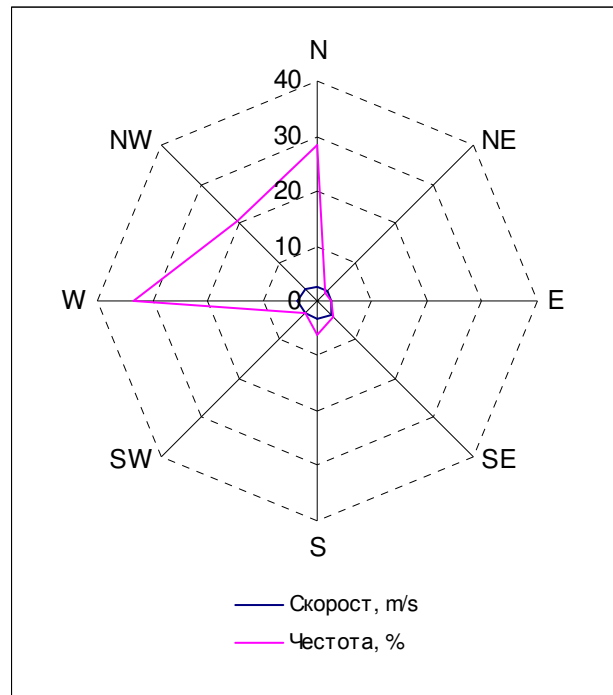
Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-2,3	0,7	5,5	12,1	17,2	20,7	22,9	22,4	18,1	12,4	6,9	0,9
Максимална температура, °C	3,1	6,2	11,1	18,5	23,2	26,8	29,4	29,1	25,6	19,0	12,1	5,8
Минимална температура, °C	-4,7	-2,3	0,8	6,5	11,0	14,5	16,1	15,7	12,0	7,4	3,4	-2,0
Влажност, %	81	78	73	66	69	69	62	65	72	78	81	72
Обща облачност, брой дни	6,8	6,4	6,0	5,3	5,2	4,6	3,4	2,8	3,3	4,6	6,4	6,7
Скорост на вятъра, m/s	1,4	1,7	1,8	1,6	1,3	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2

Данни за средногодишната роза на ветровете са представени в Табл. 2.3–2, а графично е показана на Фиг. 2.3–1.

Таблица 2.3–2

Данни за средногодишната роза на ветровете за Ст. В. Търново

Посока	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Скорост, m/s	2,7	2,6	2,6	3,8	3,2	3,0	3,6	3,1
Честота, %	28,2	1,7	2,6	4,5	6,1	2,8	33,4	20,6



Фиг. 2.3.1. Средногодишна роза на ветровете.

Средната годишна температура на въздуха е 11,5°C, максималната е 17,5°C, а минималната е 6,5°C. Най-студен е м. февруари, когато са и абсолютните минимални температури: -28,1°C. Най-топли са м. юли и август, като абсолютната максимална температура е през м. август +41,1°C.

Първият мраз настъпва обикновено в периода началото на октомври – края на ноември, а последният мраз е между началото на март и средата на април. Свободното от мраз време е около 215 дни. Снежната покривка се появява към началото на декември и изчезва около средата на април. Средната продължителност на дните със снежна покривка в района е 97 дни годишно.

Средната месечна скорост на вятъра е малка – между 1,0 и 1,8 m/s, а средната годишна е 1,3 m/s. Най-висока е скоростта на югоизточните ветрове (3,8 m/s), но са с малка честота (4,5 %). Почти през цялата година преобладават западните ветрове – 33,4% (Табл. 2.3–2). Само през месеците април и май преобладаващи са северните ветрове. Броят на дните със силен вятър (скорост ≥ 14 m/s) са около 15 годишно, като преобладаващи са западните (с честота 63,2%), следвани от южните ветрове (с честота 19%). Средногодишната скорост на вятъра по посоки е ниска и се движи от 2,6 до 3,8 m/s (Табл. 2.3–2).

Годишно около 26 дни са с мъгли, основно през периода октомври-март (около 23 дни). За района е характерна сравнително високата стабилност на относителната влажност. Най-висока е през м. ноември и януари (81%), а през лятото спада до 56%. Средногодишната относителна влажност на въздуха е 72%.

С най-малка обща облачност е м. август (2,8 дни), а с най-голяма е в периода ноември-февруари (6,4 – 6,7 дни). Средната годишна облачност е около 5 дни.

В заключение, по отношение на климата и качеството на въздуха, територията на площадката има следните особености:

Климатичните условия са умерено-континентални с топло лято и студена зима – средните януарски температури са $-2,3^{\circ}\text{C}$; голяма годишна амплитуда на температурата на въздуха; чести температурни инверсии;

Сравнително високата честота на тихото време (62,7%) предполага неблагоприятни условия за разсейване на вредните вещества в атмосферата и сравнително високи приземни концентрации на замърсителите, случай че техните емисии имат високи стойности;

В дните с вятър, скоростта му е ниска (под 2 m/s), което не предполага високо ниво на турбуленция и добри условия за разсейване на замърсителите в атмосферата;

Преобладаващата посока на ветровете почти през цялата година са западните, като силните ветрове (със скорост ≥ 14 m/s) са също западните;

Експозицията на площадката е благоприятна спрямо преобладаващите западни ветрове по отношение на най-близко разположеното населено място – с. Драгижево.

2.4. Хидроложки условия

Площадката се намира в локален водосбор на притока към р. Янтра, която в този участък е водоприемник III категория. Притокът е с променлив дебит, има изградени 4 язовира, но не се следи отточния режим.

Западно от площадката и почти успоредно на западната ѝ граница минава добре оформено дере с посока север – юг към притока.

Хидроложките условия в района на площадката се нарушени вследствие на:

- съществуващ общински път Шереметя – Драгиево, който минава по северната граница на Общинското сметище на Велико Търново и на около 50 m от северната граница на новата площадка (Фиг. 2.4-1). Проведеното на 19 август 2007 г. проучване показва, че пътят е безопасен от склоновите води посредством канавка, но тя не е поддържана – на места е обрасла с растителност, на места е заличена.

- съществуващото сметище е затрупало най-северния участък на естественото дере, което обаче остава извън, но в непосредствена близост и почти успоредно на западната граница на новата площадка (Фиг. 2.4-1).

2.4.1. Хидрографна характеристика

Вододелна линия с посока север – юг разделя площадката на две части. Западната част е малка и се отводнява към дерето, прекъснато от съществуващото сметище и насочено към десния приток на р. Янтра. Източната част на площадката се отводнява посредством широко и плитко дере към притока или директно към него. Гравитиращата площ към площадката е в източната ѝ част и възлиза на 85,9 декара.

2.4.2. Характеристика на дъжда

За характеризиране на валежите са използвани данни от хидрометеорологичната станция Велико Търново, която се намира на около 7 km от площадката. Най-малка е средномесечната сума на валежите през м. септември (41 mm); вторият минимум е през м. март (43 mm) (Табл. 2.4–1). Средногодишната сума на валежите е около 680 mm, като през зимата падат около 21 %, през пролетта – около 28%, през лятото – около 31% и около 20% през есента. Средната месечна сума на валежите има един максимум – през м. май - юни (88 - 86 mm).

Фиг. 2.4-1.

Таблица 2.4-1

Основни характеристики на дъждовете

Параметър	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Зима	Пролет	Лято	Есен	Годишна
Средна месечна и годишна сума на валежите, mm	48	44	43	63	88	86	65	56	41	45	51	50	142	193	207	137	680
Среден месечен и годишен максимален денонощен валеж, mm	16	15	15	19	25	27	24	24	17	16	17	16	-	-	-	-	44

2.4.3 Хидроложки параметри на интензивните дъждове при различна обезпеченост.

Както по време на изграждане, така и в периода на експлоатация на депото ще е необходимо изграждане на охранителни канали, които да поемат и отвеждат дъждовните води извън тялото му. За района на площадката няма данни и основните хидроложки параметри са определени по изчислителен път по стандартна методика, базираща се на максималните денонощни валежи и някои хидрографски елементи.

Водосборната област на дерето в площадката попада във II-ри район за редукионните криви на дъждовете и във II-ри район за денонощния максимум на дъжда според районирането на България и методиката за разработване на максималните дъждове от С. Герасимов. Площадката е с надморска височина средно 330 m, на която отговаря средно многогодишна стойност на денонощния максимум (\bar{H}) около 46,3 mm. Относителните квантили (K_p) и денонощната максимална височина (H_p) при различна обезпеченост са представени в Табл. 2.4-2. В същата таблица са дадени и максималната височина ($H_5, p\%$) както и максималната средна интензивност ($T_5, p\%$) за петминутен дъжд.

Таблица 2.4-2

Оразмерителни параметри на интензивния дъжд при различна обезпеченост

Параметър	Обезпеченост p, %							
	0,01	0,1	1	3	5	10	20	
K_p	5,24	3,78	2,57	2,07	1,84	1,56	1,27	
H_p, mm	24,3	175	119	96	85	72	59	
$H_5, p\%, mm$	44,7	32,2	21,9	17,7	15,6	13,2	10,9	
$I_5, P\%$	mm/min	8,9	6,4	4,4	3,5	3,1	2,6	2,2
	l/s.ha	1484	1067	733	583	517	433	364

За предпазване на тялото на депото от повърхностните води от гравитиращата към него водосборна област, ще трябва да се предвидят околоръстни охранителни канали съобразно етапността на изграждането му. Оразмерителните водни количества при необходимата обезпеченост се определят въз основа на представените в таблицата параметри и на площта на отводняваната водосборна област при проектирането на депото в зависимост от възприетата етапност.

В заключение, по отношение на хидроложките условия, територията на площадката има следните особености:

- Хидроложките характеристики в района се формират в условията на умерено-континентален климат: пролетнолетен максимум на валежите (май-юни) и минимум през февруари-март с проява на преходни елементи (вторичен минимум през септември);
- На територията на площадката няма постоянен повърхностен отток;
- Снежната покривка е сравнително устойчива и се задържа за около 97 дни годишно, но отток се формира главно от дъждовните води, стичащи се по склоновете;
- При спазване на всички нормативни изисквания при проектиране и при реализация на проекта не се очакват промени в хидроложките условия в района на площадката и извън нея, нито в качеството на водите в дерето – водоприемник на отвежданите от депото води;
- В проектната фаза трябва да се предвидят следните мерки:
 - да се проектира нова канавка по северната страна на пътя, която да се оразмери за съответното водно количество и да се изведе извън района на площадката;
 - да се вземе предвид съществуващото сметище и площадката да се предпази от дъждовни води от неговата площ;
 - да се предпази дерето от засипване с отпадъци.

3. ГЕОЛОГО-ТЕКТОНСКА ХАРАКТЕРИСТИКА

3.1. Геолого-тектонски строеж на района около площадка

Геоложката изученост е добра. Първоначално през 50^{те} години на миналия век се провеждат геоложки картировки в М 1:100 000 (Карагюлева и др., 1956) и 1:50 000 (С. Желев и др., 1958), в резултат на които са съставени съответните геоложки карти на хроностратиграфски принцип. По-късно са извършени различни видове специализирани изследвания: търсещо-проучвателни за нефт и газ (Недев, Баев, 1960), тектонски (Е. Бончев и др., 1963; Е. Бончев, 1971, 1986; Карагюлева, 1971; Боков и др., 1987), стратиграфски и палеонтоложки (Николов, Хрисчев, 1965; Хрисчев, 1966, 1969, 1972), геоморфоложки (Филипов, Микова, 1977).

Актуализиран синтез на геоложката информация за региона около гр. Велико Търново е представен в издадената геоложка карта на България в М 1:100 000 – к. л. Велико Търново и обяснителната записка към нея (Хрисчев и др., 1990, 1993), които са използвани при настоящия геоложки обзор.

Стратиграфия

В района се разкриват предимно мезозойски седименти с възрастов обхват от бериаса до апта (Фиг. 3.1-1.).

Разрезът е разчленен на няколко официални литостратиграфски единици, включващи (отдолу на горе): Камчийска свита, Горнооряховска свита, Ловешка ургонска група с две свити – Българенска и Еминска.

Палеогенските седименти имат ограничено разпространение и са представени от Шемшевската свита.

Кредна система

Долнокредна серия

Представена е от седиментните скали на Камчийската и Горнооряховската свита, които имат широко площно разпространение

Камчийска свита (km K₁^{bs-h}) - Свитата е въведена от Николов, Рускова в: Геоложки предпоставки, 1987. Предложеното име е валидно и използваемо, а посоченият и описан от авторите холостратотип се намира в долината на р. Голяма Камчия, южно от с. Винаца (понастоящем заят от водите на яз. „Тича”). По решение на Национална комисия по стратиграфия за неостратотип е приет разреза при гара Соколово, описан от Рускова (1989). В по-ранни изследвания единицата е означавана като „хотрив” (Чешитев, 1956), а по-късно като пясъчничково-мергелна задруга (Николов, 1969).

В настоящия обзор (по Николов, 1990), към основата на свитата са включени варовито-мергелните седименти, отнасяни преди това към Златаришката свита. Тези седименти са обозначени като Разпоповски член на Камчийската свита.

Свитата се разкрива в южната част на района между с. Дебелец, с. Пчелище и с. Церова курия.

Фиг. 3.1-1.

Долната граница на свитата в пределите на Същинския Предбалкан е рязка или с бърз литоложки преход от седиментите на Златаришката свита. На север свитата се покрива от мергелите на Горнооряховската свита.

В литоложкия състав на свитата участват дебели (от 30–40 m до стотици метра) пачки от мергели, които незакономерно се редуват от дебели (няколко десетки метра) пачки от пясъчници.

Мергелните пачки са изградени от мергели или глинести мергели, в различна степен алевритови. Всред тях се наблюдават алтерниращи прослойки от пясъчници и алевролити с дебелина от няколко метра до 10–20 m. Характерна особеност на пясъчниково-алевритовите прослойки са градационната слоистост, ламинация, конволюция и наличието на разнообразни йероглифи. Тези белези придават флишки характер на някои пачки (Николов, Хрисчев, 1965). В долните части на свитата се срещат прослойки от глинести варовици.

Пясъчниците от по-дебелите пачки са сивосинкави, а при изветряне стават ръждивожълтеникави до кафеникави. По състав са полимиктови, най-често литокластични и по-рядко аркозни. Повсеместно те са неравномернозърнести – от едрозърнести до алевритови. Спайката е карбонатна или глинесто-карбонатна, а текстурата – масивна или хоризонтално-слоиста.

Дебелината на Камчийската свита в пределите на Същинския Предбалкан е около 2000 m, а максималният възрастов обхват е бериас-хотрив.

Горнооряховска свита (gK_1^{h-ap}) - Единицата е известна под името „Горнооряховски мергели” (Бончев, 1957). По-късно Николов (1969) определя ранга ѝ на свита, като описва лектотиповия разрез, намиращ се северно от с. Асеново, Горнооряховско. В този разрез, авторът включва в обема ѝ, с ранг на член – Павликенските пясъчници, отделени от Бончев (1957). В настоящия обзор, Горнооряховската свита е описана в по-редуциран обем, обхващащ мергелните нива от Павликенските пясъчници.

Свитата се разкрива в северната и централната част на района между гр. Лясковец и с. Шереметя, където изгражда по-ниските части на релефа и склоновете на височините.

Долната граница с Камчийската свита е литоложка и се поставя по горнището на последната по-изразителна пясъчникова пачка от Камчийската свита.

Горната граница навсякъде е с бърз литоложки преход към теригенно-карбонатните отложения на Ловешката ургонска група, Павликенската, Романската или Тръмбешката свита.

Свитата е представена предимно от мергели с редки прослойки от пясъчници, алевролити, глинести или варовити пясъчници.

Мергелите определят фоновия състав на свитата. Те са синкавосиви до гълъбовосини и най-често са представени от слабо алевритови глинести мергели.

Пясъчниците оформят тънки прослойки от здрави, варовити, дребнозърнести пясъчници до алевролити и от по-меки несортирани глинести пясъчници.

Дебелината на свитата варира в широки граници – от 530 до 1530 m.

Хроностратиграфският диапазон на свитата е променлив – от ранен хотрив до ранен апт. В южните разкрития възрастовият обхват е редуциран до късен хотрив-барем.

Ловешка ургонска група

Групата е въведена от Хрисчев (1966), като са дефинирани всички съставлящи я литостратиграфски единици. Първоначално те са означени като задруги, а по-късно са номинирани на свити (Хрисчев, Златарски, 1968).

В пределите на разглежданата област попадат най-източните разкрития на Ловешката ургонска група, в които е представена от Българенската теригенна и Еминската варовикова свита.

Българенска теригенна свита (bnK_1^{b-ap}) - Наименованието на единицата е въведено от Хрисчев (1966), а рангът на свитата е посочен от Хрисчев, Златарски (1968), с холостратотип в долината на р. Осъм, северозападно от с. Българене.

В региона се установява както долната част на свитата, разположена между Крушевската и Еменската варовикова свита, така и по-горната, принадлежаща към Мъгърския й клин ($bn(m)K_1^{ap}$). Границите са литоложки добре изразени, фиксирани от смяната на типа на седиментацията – карбонатна (или мергелна) и теригенна. Долнокредните седименти, покриващи Мъгърския клин не са запазени. По изклинването на Крушевската варовикова свита се прокарва условна латерална граница между глинестите скали на свитата и мергелите на Горнооряховската свита. По тези места (в долината на р. Янтра при Велико Търново и северно) към Българенската свита са отнесени само пясъчниците, разположени непосредствено под варовиците на Еменската свита. Те се разполагат директно върху мергелите на Горнооряховската свита. Различни нива на Българенската свита и нейният Мъгърски клин се покриват трансгресивно и дискордантно от палеогенските седименти на Шемшевската свита.

За разлика от типовата област, където Българенската свита е много пъстра по състав със съществена роля на пясъчниците, в пределите на картния лист тя е по силно глинеста. Основен компонент са слабо алевритовите и алевритовите глинести мергели, които на места преминават във варовито-глинести алевролити. В по-западните разкрития са чести и слоевете от разнообразни варовици. Варовитите пясъчници са с по-ограничено развитие, но при Велико Търново и северно условно се приема, че изграждат целия разрез на свитата под Еминската варовикова свита. Мъгърският клин, както и по на запад, е представен от мергелни скали.

Дебелината на свитата за разлика от типовата област е силно редуцирана – до няколко десетки метри.

В района Българенската свита в обема си под Еменската свита попада изцяло в барема, докато Мъгърският клин принадлежи на апта. Възрастта на свитата е доказана с помощта на богатата микрофауна (Kovacheva, 1979).

Еменска варовикова свита (eK_1^b) - Наименованието на единицата е въведено от Хрисчев (1966), а рангът е определен от Хрисчев, Златарски (1968). Типовият ѝ разрез е разположен при стената на яз. “Ал. Стамболийски”. Той, както и спомагателният разрез при с. Самоводене, е описан от Хрисчев (1968ф). Описанието на типовия разрез с детайлна литоложка характеристика на свитата са дадени от Хрисчев (1969), а водорасловото ѝ съдържание – от Хрисчев, Бакалова (1974).

В областта на Велико Търново са представени само долните части на Еменската свита, съответстващи на обединения Младенско-Дебелцовски клин. Поради тази причина както отдолу, така и отгоре варовиците контактират с теригенни скали на Българенската свита (отгоре с Мъгърския и клин).

Границите са добре литоложки изразени. По разпространението на свитата се оконтурва развитието на Ловешката ургонска група. Изклинването ѝ в северна посока се осъществява в тялото на Горнооряховската свита, а в източна – и в Романската свита. В Балванската синклинала варовиците на Еменската свита са покрити трансгресивно и дискордантно от палеогенските седименти на Шемшевската свита.

Свитата е изградена от типични ургонски варовици (биоморфни с пахиодонти, мадрепори и хидрозои), а на места са представени от биодетритусни светли, финозърнести до афанитови варовици с порцелановиден вид.

Максималната дебелина на свитата е около 200 м, като на изток от река Янтра намалява до пълно изклинване.

Еменската свита в областта има баремска възраст.

Палеоген – еоценска серия

Палеогенските седименти изграждат централната част на Балванската синклинала, а на изток достигат до с. Шереметя. В разреза от този район участват долноеоценски седименти, представени от Шемшевската свита.

Шемшевска свита ($\check{P}g_2^1$) - Свитата е дефинирана от Аладжова-Хрисчева (1988), която описва типов разрез на 1 km източно от с. Шемшево по левия бряг на р. Янтра и спомагателен – при с. Малък Чифлик.

Свитата се разкрива в най-източната част на Балванската синклинала. Тя се разполага трансгресивно и дискордантно с различни свои нива върху различни единици на Ловешката ургонска група, а в най-източните си разкрития (при с. Малък Чифлик) – и върху Горнооряховската свита. Покрива се от Авренската свита. В състава на Шемшевската свита преобладават дребнозърнестите пясъчници до варовити алевролити, които са зеленикавосиви с ясна хоризонтално-слоиста текстура. Базалните ѝ нива имат променлив характер – от рахли пясъчници и пясъци (при с. Шемшево) до глауконитни пясъчници (с. Малък Чифлик) и конгломерати (с. Шереметя). Най-високите нива на единицата са представени от ядчести алевритни глинести варовици. Дебелината на свитата е около 45 m.

Хроностратиграфската позиция на Шемшевската свита е определена въз основа на нумулитна фауна. Тя е включена в долния еоцен, като обхваща илердския етаж и основата на кюизкия етаж (Аладжова-Хрисчева, 1988, 1989).

Тектоника

Разглежданата област обхваща сравнително малка площ между селищата Церова курия, Пчелище, Шереметя, Арбанаси и Лясковец, което затруднява тектонската характеристика на района. В тези граници попадат части от две големи тектонски единици – Същински Предбалкан и Преходна зона. Към Същинския Предбалкан се отнася южната част от района между село Пчелище и Церова курия, където се разкриват седиментите на Камчийската свита. Северната граница на тази тектонска единица се бележи от Брестнишко-Преславската флексура (Е. Бончев, 1971, 1986). Тя е добре изразена западно от село Драгижево, където съвпада с южното бедро на Балванската синклинала. На изток флексурата губи своя характер. В тази част от Предбалкана попадат части от Еленско-Преславската нагъната област (Георгиев и др., 1981; Боков и др., 1987) и Етърското понижение с Балванската синклинала.

Преходната зона (Е. Бончев, 1971, 1986), наричана още като Южномизийска-периплатформена моноклинала (Монахов и др., 1981) или област (Боков и др. 1987) заема

междинно положение между Същинския Предбалкан и Мизийската платформа. Южната граница на тази зона се бележи по Бреснишко-Преславската флексура, която тук е развита по т. нар. Търновско-Златаришки разлом. На повърхността този разломен сноп е маркиран от надлъжни разломи, разкъсващи ургонските и палеогенските седименти по южното бедро на Балванската синклинала. Източно от гр. Велико Търново този сноп се разпръстява сред мергелите на Горнооряховската свита.

Относно северната граница на Преходната зона съществуват различни възгледи (Карагюлева, 1971; Боков, 1981).

В тектонско отношение преходния характер на областта се изразява в гънково-блоковия строеж с нисък стил на гънковите структури и преобладаващо разседния характер на разломните нарушения.

По данни от сеизмичните проучвания и дълбокото сондиране в мезозойския структурен комплекс се отделят два структурни етажа: триаски и юрско-долнокреден.

Горният юрско-долнокреден подетаж се характеризира главно с пластични деформации, като на фона на периплатформеното понижение са оформени плитки, слабо изразени гънкови структури (Търновска антиклинала и Балванска синклинала).

Търновска антиклинала

Като самостоятелна структура Търновската антиклинала е дефинирана от Карагюлева и др. (1956). Тя се оформя по варовиците на Еменската свита, като оста ѝ е екваториална и минава през село Беляковец и Арбанаси. Южното бедро е полегато и съвпада със северното бедро на Балванската синклинала. Тази антиклинална структура е проявена само на повърхността.

Балванска синклинала

Синклиналата (Карагюлева и др., 1956; Карагюлева, 1971) представлява тясна линейна асиметрична структура с екваториална ориентировка. Южното ѝ бедро е изградено от скалите на Ловешко-урогонската група и Горнооряховската свита. То е стръмно (35–50°) и съвпада с Бреснишко-Преславската флексура.

Дискордантно върху долнокредните седименти се разполагат седиментите на Шемшевската свита. Те, заедно с отдолулежащите скали на Еменската и Българенската свита изграждат северното бедро на синклиналата. Централната ѝ част е запълнена от палеогенски седименти (Шемшевска и Авренска свита). Синклиналата е разбита от напречни (отседни) и надлъжни (разседни) нарушения, които са част от Търновския разломен сноп.

Фактът, че Балванската синклинала е оформена както по долнокредни, така и по палеогенски седименти с ъглов дискорданс между тях, свидетелства за нееднократно структурообразуване.

3.2. Геоложки строеж на площадката

Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново е с площ 164,2 декара и се намира на 7 km източно от Велико Търново, на 1.5 km югоизточно от с. Шереметя и на 2.5 km западно от с. Драгижево.

В морфогенетично отношение площадката е разположена в южното подножие на добре изразен рид с изток–западна посока. Площадката представлява полегат склон със спокоен (равнинен) релеф и лек наклон от 5–10⁰ на юг–югоизток. Формата на площадката е триъгълна, с неравни очертания. В близост до западния контур на площадката

преминава меридионално ориентирано маловодно дере, което се влива в малка река оттичаща се на изток, отстояща на 500 m от южната граница на площадката. В хипсометрично отношение денивелацията на площадката е около 60 m, а общата геоложка изученост на разреза въз основа на маршрутни изследвания и по сондажни данни е около 80 m. Площадката може условно да се поделени по геоморфоложки белези на две части: западна – позитивна форма на релефа, представляваща заравнено ерозионно стъпало и източна по-ниско разположена равнинна част.

Изготвената геоложка карта на площадката в М 1:5 000 (Фиг. 3.2-1) е съставена в резултат на проведените геолого-картировъчни изследвания, съчетани с информацията от сондажните проучвания и литературни данни от предшестващите геоложки проучвания, синтезирани в Обяснителната записка към Геоложката карта на България в М 1:100 000 – к.л. Велико Търново (Хрисчев и др., 1990, 1993).

В геоложко отношение строежът на площадката е прост и еднообразен. От гледна точка на тектонското райониране изследвания терен попада в южната част на Преходната зона – първоразрядна тектонска единица (Е. Бончев и др., 1957), която е ограничена от юг от Същинския Предбалкан, а от север от Мизийската платформа.

Изследваната площ е изградена главно от мергелите на Горнооряховската свита, чиято дебелина в пределите на площадката е над 100 m, с хроностратиграфски диапазон на единицата хотрив–апт. В западната част на площадката се разкриват коренни скали – седиментите на Горнооряховска свита, а в източната част мергелите са покрити от кватернерни делувиални (склонови) образувания с дебелина над 20 m. Изследваният терен е опочвен и представлява стопански усвоен полегат склон.

Долна креда

Горнооряховска свита (gK_1^{h-ap}) - Единицата е въведена от Е. Бончев (1957) под името „Горнооряховски мергели”. Николов (1969) като първи ревизиращ автор определя ранга ѝ на свита, описва лектотипов разрез северно от с. Асеново и дава кратка обща характеристика.

Горнооряховска свита има широки площни разкрития в района. Поради мергелния си характер единицата изгражда ниските части на релефа и склоновете на височините, изградени от по-здравите пясъчникови и варовикови скали на нейната покривка.

За подложка в южната част от изследвания район служат скалите на Камчийската свита, които притежават пясъчлив характер, а в северната част за подложка на единицата служи Каспичанската свита. В различните части на района за покривка на Горнооряховската свита служат различни долнокредни седименти.

Основен компонент на Горнооряховска свита са мергелите, които на цвят са синкавосиви до гълъбовосиви. Най-често се отнасят към слабо алевролитовите глинести мергели. Те съдържат отделни редки и тънки прослойки от здрави варовити дребнозърнести пясъчници до алевролити, както и по-меки несортирани глинести пясъчници. В рамките на площадката основните коренни скали са типичните монотонни синкавосиви на цвят мергели, отговарящи на описаните в Горнооряховската свита скали, ронливи в дълбочина поради по-високото си варовито съдържание. В приповърхностната си част поради ерозията и изнасянето на карбонатното вещество и увеличаване на глинестата компонента, те придобиват жълтеникав до светлобежов цвят. Тези нива се характеризират и с присъствието на отделни малки ръбести късчета или прослойки (до 10 cm) от дребнозърнести добре споени ожелезнени пясъчници. Дебелината на тези изветряли глинесто-пясъчливи мергели варира най-често от 2 до 5 m, рядко достига над 7 m.

Фиг. 3.2-1.

Общата дебелина на Горнооряховска свита в изследвания район е над 1000 m. Максималния хроностратиграфски диапазон на свитата е от ранния хотрив до ранния апт. Възрастта на единицата се определя въз основа главно на амонитна фауна (Димитрова, 1967; Николов, 1969) и др.

Кватернер

Делувиални образувания (dQp) - Те имат широко площно развитие в рамките на геоложката карта. Те покриват по-голямата част от коренните скали, представени от мергелите на Горнооряховска свита. Застъпени са предимно в източният полегат склон на площадката, както и в южна и източна посока извън нея. Представени са от кафеникави до тютюневи на цвят плътни делувиални глини в приповърхностната си част (до към 3–5 m в сондажите), които преминават в светлокафеви до охрени песъчливи глини в по-ниските нива. Всред последните се увеличава песъчливата компонента, като се срещат и хаотични късчета от ръждиви дребнозърнести пясъчници. Дебелината на делувиалните отложения варира, като в западната част на площадката делувиалната покривка е от 1 m до 3 m, а в източната по-ниско разположена част тя е в порядъка на 12–14 m като тя несъмнено се увеличава в южна и източна посока извън границите на площта.

4. ИНЖЕНЕРНОГЕОЛОЖКА ХАРАКТЕРИСТИКА

4.1. Инженерногеоложка характеристика на строителните видове почви

Въз основа на проведените полско-проучвателни работи (инженерногеоложка картировка, проучвателно сондиране, геофизични изследвания) и резултатите от лабораторните изследвания в района на площадката се поделят следните инженерногеоложки разновидности:

Глина, кафява, хумусна – почвен слой (пласт 1).

Почвеният слой е установен във всички проучвателни изработки с изключение на сондаж С-3. Изграден е от светлокафява до кафява хумусна глина. Дебелината на пласта е 0,2-0,5 m. Поради високото хумусно съдържание и вероятните обемни изменения (набъбване и свиване) при промяна на водното съдържание, пластът не е пригоден за фундиране. При строителство да се из земе. За пласта да се приеме:

- обемна плътност $\rho_n = 1,90 \text{ g/cm}^3$
- категория на изкоп: земна.

Глина, кафява, прахова, делувиялна (пласт 2).

Глината изгражда най-горната част на кватернерната покривка. Има повсеместно разпространение в района – установена е във всички прокарани проучвателни сондажи с изключение на С-1. Дебелината ѝ е незначителна в западната, по-стръмна част на площадката (сондажи С-1, С-4 и С-8) 0,2 – 0,6 метра, а в източна посока (по полегатата част на склона) се увеличава и достига 2,50 – 5,0 метра. Глината е плътна, с неравномерно разпределен дребен чакъл от ръбести пясъчникови късове.

За определяне на физикомеханичните свойства на пласта са взети и изследвани 4 броя ненарушени земни проби. Резултатите от лабораторните изследвания характеризират почвата като “прахова глина” по смисъла на БДС 676-85, със следните усреднени стойности на физикомеханичните показатели:

- специфична плътност $\rho_s = 2,66 \text{ g/cm}^3$
- обемна плътност $\rho_n = 2,06 \text{ g/cm}^3$
- коефициент на порите $e = 0,497$
- показател на пластичност $I_p = 22,3 \%$
- показател на консистенция $I_c = 1,00$

якост на срязване

- ъгъл на вътрешно триене (нормативен) $\phi_n = 18,5^\circ$
- кохезия (нормативна) $C_n = 102,2 \text{ KPa}$
- ъгъл на вътрешно триене (изчислителен) физч. $= 15,5^\circ$
- кохезия (изчислителена) $C \text{ изч.} = 56,8 \text{ KPa}$

компресионен модул при вертикален товар

- 100 KPa $M_1 = 2,2 \text{ MPa}$
- 200 KPa $M_2 = 4,6 \text{ MPa}$

- 300 КПа $M_3 = 6,3 \text{ МПа}$
- степен на набъбване $S_H = 6,22 \%$
- сила на набъбване $\sigma_n = 55 \text{ КПа}$

Съгласно НППФ 2-03-01 за пласта определяме:

- таблична стойност на натоварването $R_0 = 0,25 \text{ МПа}$
- модул на обща деформация при 200 КПа $E_0 = 9,2 \text{ МПа}$
- категория на изкоп: земна.

Резултатите от лабораторните изследвания показват, че съгласно БДС 676-75 почвата се класифицира като “набъбваща”. Съгласно чл. 16, ал. 3 на НППФ (2-03-01) почвата се класифицира като “особена”. Съгласно чл.13 почвата се класифицира като “Група В”.

Глина, светлокафява до кафява, прахово-песъчлива, твърдопластична до твърда, с неравномерно разпределен чакъл, елувиално-делувиална (пласт 3).

Глината изгражда основата на кватернерната покривка в района. При проучването е установена само в източната, по-полегата част на проучваната площадка. Горнището ѝ се разкрива на дълбочина от 2,0 (сондаж С-6) до 5,40 (сондаж С-5). Дебелината ѝ се изменя от 4,30 метра (сондаж С-7) в по-високите части от източната страна на проучваната площ до 11,20 метра в ниските южни части. Генезисът на глината е делувиално-елувиален. Чакълите се срещат по-често в долната част от разреза. Те са преобладаващо от пясъчници, ръбести, дребни и средни. Срещат се и по-слабо изветрели мергели, най-често във вид на неиздържани пространствено прослойки с дебелина 0,10 – 0,15 метра. В долната част на пласта се срещат и варовити повлекла и конкреции.

За определяне на физикомеханичните свойства на пласта са взети и изследвани 8 броя ненарушени земни проби. Резултатите от лабораторните изследвания характеризират почвата като “прахова песъчлива глина” и “прахова глина” по смисъла на БДС 676-85, със следните усреднени стойности на физикомеханичните показатели:

- специфична плътност $\rho_s = 2,68 \text{ g/cm}^3$
- обемна плътност $\rho_n = 2,03 \text{ g/cm}^3$
- коефициент на порите $e = 0,536$
- показател на пластичност $I_p = 16,6 \%$
- показател на консистенция $I_c = 1,09$

якост на срязване

- ъгъл на вътрешно триене (нормативен) $\phi_n = 19^\circ$
- кохезия (нормативна) $S_H = 95,0 \text{ КПа}$
- ъгъл на вътрешно триене (изчислителен) физч. = 16°
- кохезия (изчислителна) $S \text{ изч.} = 52,8 \text{ КПа}$

компресионен модул при вертикален товар

- 100 КПа $M_1 = 2,6 \text{ МПа}$
- 200 КПа $M_2 = 5,1 \text{ МПа}$
- 300 КПа $M_3 = 7,6 \text{ МПа}$

- степен на набъбване $S_H = 6,1 \%$
- сила на набъбване $\sigma_H = 49 \text{ КПа}$

Съгласно НППФ 2-03-01 за пласта определяме:

- таблична стойност на натоварването $R_0 = 0,25 \text{ МПа}$
- модул на обща деформация при 200 КПа $E_0 = 10,2 \text{ МПа}$
- категория на изкоп: земна.

Резултатите от лабораторните изследвания показват, че съгласно БДС 676-75 почвата се класифицира като “набъбваща”. Съгласно чл. 16, ал. 3 на НППФ (2-03-01) почвата се класифицира като “особена”. Съгласно чл.13 почвата се класифицира като “Група В”.

Мергели, изветрели, глинесто пясъчливи, сиво белезникави, в началото на интервала трошливи

Мергелите изграждат докватернерната покривка в района. Както бе споменато по-горе литостратиграфски те се отнасят към Горнооряховската свита. Към този пласт отнасяме горната част на мергелите, която е засегната силно от изветрителните процеси. При проучването е установен във всички проучвателни сондажи. Горницето им се разкрива на дълбочина 0,5 – 1,0 метра в западната по-стръмна част на площадката до 7,20 – 14,10 метра в по-полегатата и източна част. Дебелината на пласта също се изменя в широки граници – в западната част на площадката, където практически липсва кватернерна покривка и интензивността на изветрителните процеси е по-голяма дебелината е повече от 14,0 метра, докато в източната част, кватернерната покривка ограничава влиянието на изветрителните процеси и дебелината е по-малка – максимум до 6,0 метра. Изветрянето е неравномерно – в отделни зони се то е по-интензивно и част от слоевете са изветряли до плътни глини. Потвърждение на казаното е и широкият спектър на изменение на обемните плътности от $2,07 \text{ g/cm}^3$ до $2,27 \text{ g/cm}^3$. В пукнатините са отложени железни хидроокиси, които придават ръждивокафяв цвят на отделни зони.

За определяне на физикомеханичните свойства на пласта са взети и изследвани 8 броя ненарушени земни проби. Резултатите от лабораторните изследвания характеризират почвата като “прахова пясъчлива глина” и “прахова глина” по смисъла на БДС 676-85, със следните усреднени стойности на физикомеханичните показатели:

- специфична плътност $\rho_s = 2,70 \text{ g/cm}^3$
- обемна плътност $\rho_n = 2,13 \text{ g/cm}^3$
- коефициент на порите $e = 0,411$
- показател на пластичност $I_p = 14,2 \%$
- показател на консистенция $I_C = 1,40$

компресионен модул при вертикален товар

- 100 КПа $M_1 = 2,5 \text{ МПа}$
- 200 КПа $M_2 = 5,3 \text{ МПа}$
- 300 КПа $M_3 = 8,4 \text{ МПа}$
- степен на набъбване $S_H = 5,9 \%$
- сила на набъбване $\sigma_H = 63 \text{ КПа}$

Съгласно НППФ 2-03-01 за пласта определяме:

- таблична стойност на натоварването $R_0 = 0,30 \text{ MPa}$
- модул на обща деформация при 200 КРа $E_0 = 10,6 \text{ MPa}$
- категория на изкоп: земна.

Резултатите от лабораторните изследвания показват, че съгласно БДС 676-75 почвата се класифицира като “набъбваща”. Съгласно чл. 16, ал. 3 на НППФ (2-03-01) почвата се класифицира като “особена”. Съгласно чл.13 почвата се класифицира като “Група В”.

Мергели, песъчливо глинести, безжелезни до сиво синкави, слабо напукани (пласт 5).

Към този пласт отнасяме свежите мергели, които практически не са засегнати от изветрителните процеси. При проучването са достигнати само в сондажи С-3 и С-6. Горнището им се разкрива на дълбочина 11,0 – 13,0 метра. В разреза на свитата мергелите са прослоени от пясъчници, които са с по-ограничено разпространение, с малка дебелина и често изклинващи. При проучването не бяха установени такива прослойки.

Взетите и изследвани 3 броя проби определят следните средни стойности на физичните показатели:

- специфична плътност $\rho_s = 2,71 \text{ g/cm}^3$
- обемна плътност $\rho_n = 2,45 \text{ g/cm}^3$
- коефициент на порите $e = 0,183$

Съгласно НППФ 2-03-01 за пласта определяме:

- таблична стойност на натоварването $R_0 = 0,50 \text{ MPa}$
- категория на изкоп: скална

Съгласно НППФ почвата се класифицира като почви от “ГРУПА А”.

4.2. Физико-геоложки явления и процеси

Площадката е разположена в южното подножие на добре изразен рид с изток–западна посока. Тя представлява полегат склон със спокоен (равнинен) релеф и лек наклон от $5\text{--}10^0$ на юг–югоизток. В хипсометрично отношение денивелацията на площадката е около 60 m. Западната част на площадката е по-издигната и с по-голям наклон, докато източната ѝ част и по-ниска и с по-малък наклон.

От физикогеоложките процеси и явления в района е развита ерозията и изветрителните процеси.

Ерозионните процеси са проявени в различна степен на територията на площадката. В източната, по-стръмна част те са по-интензивни, докато в западната, по-полегата част са със слаба проява. Ерозионните форми са представени от приточен дол, суходолие и ровини. Долът е със съвременно ерозионно всичане (1–2 m) и с временно течащи води. Началото му започва от действащо сметище. Суходолието и ровините са със сравнително слаба морфоложка изразеност. Залесеността и затревеността на площадката в значителна степен ограничават активното развитие на ерозионните процеси и образуването на нови ерозионни форми и развитието на съществуващите. Поради тази причина ерозионните процеси не оказват неблагоприятно влияние на инженерногеоложките условия.

Екзогенните изветрителни процеси са преобразували горната част на мергелите в изветрителна зона със значителна дебелина – в западната част до повече от 14,0 метра, а в източната около 6,0 метра. Мергелите са силно напукани, превърнати в плътни глини.

Извън овражните форми, склоновете са напълно спокойни, без развитие на интензивни физикогеоложки процеси и явления. Липсват участъци, потенциално опасни за свлачищни процеси.

4.3. Инженерногеоложки условия за строителството

Инженерногеоложките условия на площадката са добри. Геоложкия разрез включва инженерногеоложки разновидности с добри физикомеханични свойства, които са подходяща земна основа за фундиране на сгради и съоръжения. Няма развити неблагоприятни физико-геоложки явления и процеси. Морфологията на терена и физикомеханичните свойства на инженерногеоложките разновидности, изграждащи геоложкия разрез не създават условия за развитие на гравитационни геодинамични процеси. Липсата на подземни води и ниската водопроницаемост на разновидностите, изграждащи геоложкия разрез също благоприятстват изграждането на депо за твърди битови отпадъци (ДТБО) и съоръженията към него.

Направената комплексна оценка на инженерногеоложките и хидрогеоложки условия на проучваната площадка показва, че е подходяща за ситуиране на ДТБО, и изграждане на съпътстващите я съоръжения и инсталации. При проектиране на депото е необходимо да се отчита спецификата на инженерногеоложките свойства на земната основа в района – набъбващите свойства на кватернерните отложения, изграждащи горната част от геоложкия разрез на площадката. Това налага да се спазват изискванията на Раздел III – Набъбващи почви на НППФ и да се ограничат възможностите за честа промяна на водно-влажностния режим на тези почви, което обуславя развитието на процесите на набъбване. За тази цел е необходимо да се предвидят мероприятия за ограничаване достъпа на повърхностните води, стичащи се по склона в зоната на площадката.

5. ХИДРОГЕОЛОЖКИ УСЛОВИЯ

5.1. Подземни води и водоносни хоризонти. Режим на подземните води.

В прокараните проучвателни изработки не са установени подземни води. Глинестият характер на геоложкия разрез и стръмният терен не благоприятстват инфилтрацията и акумулирането на подземни води в проучената зона. Възможно е при водообилни сезони в кватернерните отложения изграждащи геоложкия разрез в ниската част на площадката да се формират водоносни зони с временен характер и незначителна водообилност.

Условия за акумулиране на подземни води има в напуканите пясъчникови пластове, които проследяват мергелите на Горнооряховската свита. В този район обаче, те са с по-ограничено разпространение, с малка дебелина и често изклинващи. Акумулираните в тях водни количества са незначителни, а понякога и с временен характер. Дренирането им е най-често чрез малки извори с непостоянен дебит и често пресъхващи. При проучването в близост до площадката не бяха установени подобни извори.

5.2. Филтрационни параметри на основните хидрогеоложки единици

За изясняване на филтрационните параметри на геоложката основа на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново са изпълнени 7 експресни водоналивания. Опитите са проведени в изградените за тази цел проучвателни сондажи С-1, С-3 и С-8. Всеки опит е проведен при различна дълбочина на сондиране, респ. при различна разкритост на сондажния ствол и различна височина на водния стълб. Информацията за условията, при които са проведени експериментите е дадена в Табл. 5.2-1.

Таблица 5.2-1.

Данни за експресните опити, проведени на Площадка № 5 Общинско сметище
Велико Търново

Сондаж №	Дълбочина на сондажа, m	Изпитван интервал от- до-, m	Тип на експрес опита	СВН, m	ДВН след водоналиването, m
С-1	9,0	0,0-9,0	водоналиване	сух ствол	0,01
	15,0	9,0-15,0	водоналиване	сух ствол	9,20
С-3	4,0	0,0-4,0	водоналиване	сух ствол	0,02
	8,0	4,0-8,0	водоналиване	сух ствол	4,01
	16,0	8,0-16,0	водоналиване	сух ствол	8,05
С-8	9,5	0,0-9,5	водоналиване	сух ствол	0,00
	9,5	7,0-9,5	водоналиване	сух ствол	7,00

Технологичната схема, по която са проведени експресните опити, е следната. 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 (“мигновеното” наливане). Данните за изменението на водния стълб h като функция на времето t са нанесени в Таблицы 5.2-2, 5.2-3, 5.2-4, 5.2-5, 5.2-6, 5.2-7 и 5.2-8.

Таблица 5.2-2.

**Данни от водоналиването в сондаж С-1 (интервал 0,0-9,0 m), Площадка № 5
Общинско сметище Велико Търново**

t, min	2	4	9	13	15	20	25	30	35	40
h, m	8,99	8,985	8,98	8,975	8,97	8,96	8,945	8,93	8,92	8,91
t, min	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
h, m	8,90	8,875	8,845	8,82	8,70	8,50	8,33	8,21	8,07	7,93

Таблица 5.2-3.

**Данни от водоналиването в сондаж С-1 (интервал 9,0-15,0 m), Площадка № 5
Общинско сметище Велико Търново**

t, min	10	30	60	90	120	840
h, m	5,80	5,798	5,795	5,79	5,785	5,745

Таблица 5.2-4.

**Данни от водоналиването в сондаж С-3 (интервал 0,0-4,0 m), Площадка № 5
Общинско сметище Велико Търново**

t, min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, m	3,97	3,95	3,92	3,89	3,87	3,85	3,83	3,82	3,80	3,77
t, min	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40
h, m	3,755	3,74	3,73	3,72	3,71	3,66	3,62	3,58	3,525	3,48
t, min	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
h, m	3,43	3,39	3,34	3,30	3,21	3,13	3,08	3,00	2,90	2,82

Таблица 5.2-5.

**Данни от водоналиването в сондаж С-3 (интервал 4.0-8.0 m), Площадка № 5
Общинско сметище Велико Търново**

t, min	1	2	3	5	10	15	20	25	30
h, m	3,98	3,97	3,96	3,955	3,95	3,94	3,93	3,92	3,915
t, min	35	40	50	60	70	80	90	100	120
h, m	3,91	3,90	3,88	3,87	3,86	3,84	3,83	3,82	3,81

Таблица 5.2-6.

**Данни от водоналиването в сондаж С-3 (интервал 8.0-16.0 m), Площадка № 5
Общинско сметище Велико Търново**

t, min	15	30	60	90	120	180	840
h, m	7,95	7,95	7,94	7,935	7,935	7,93	7,915

Таблица 5.2-7.

Данни от водоналиването в сондаж С-8 (интервал 0.0-8.0 m), Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново

t, min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, m	7,89	7,86	7,84	7,83	7,82	7,81	7,805	7,80	7,795	7,79
t, min	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40
h, m	7,785	7,78	7,77	7,765	7,76	7,72	7,695	7,66	7,63	7,60
t, min	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
h, m	7,57	7,54	7,505	7,47	7,42	7,37	7,33	7,30	7,28	7,255

Таблица 5.2-8.

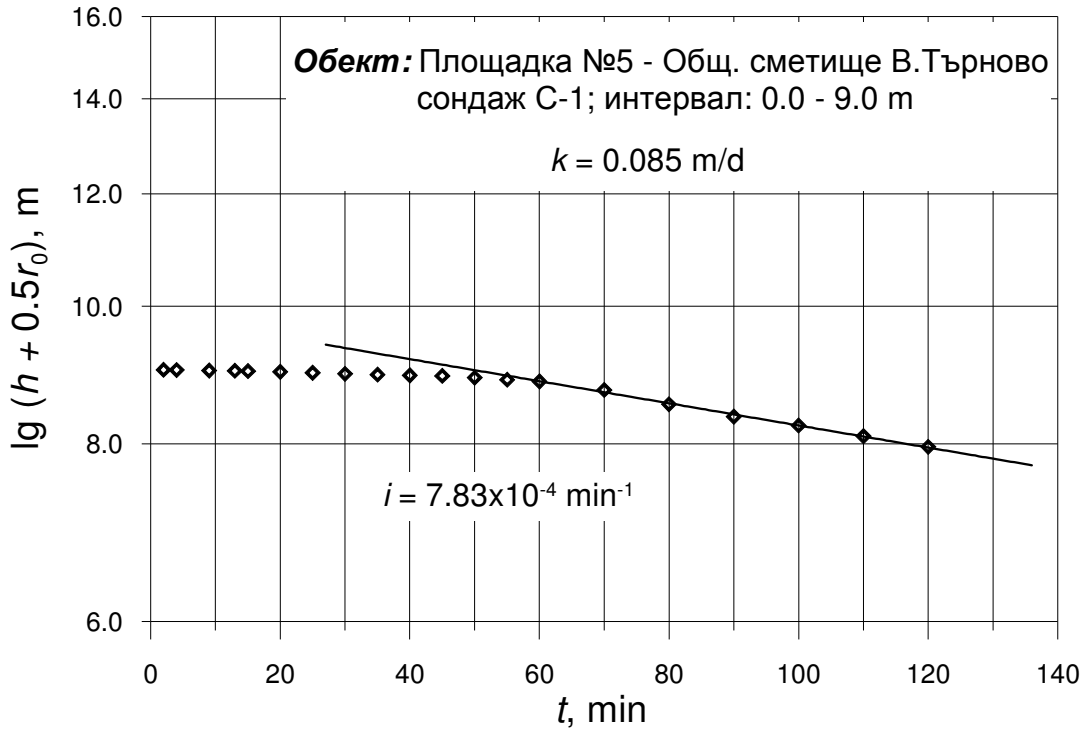
Данни от водоналиването в сондаж С-8 (интервал 8.0-15.0 m), Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново

t, min	10	25	50	80	110	120	840
h, m	6,04	6,04	6,035	6,03	6,025	6,02	5,99

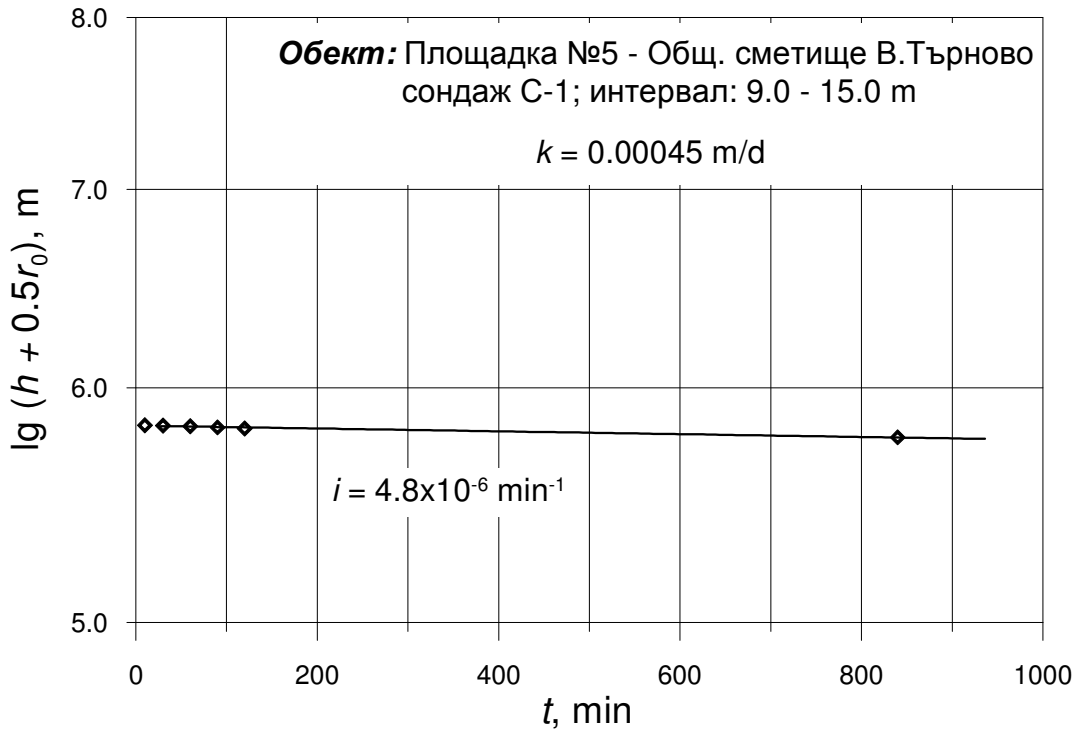
За определяне на коефициента на филтрация k в зоната аерация данните от експресните водоналивания в сух сондаж са интерпретирани по метода на Ернст (т.нар. “холандски” метод), като са нанесени в координатна система $\lg(h + 0.5r_0) - t$, където r_0 е радиусът на сондажния ствол. За облекчаване на изчисленията е използвана програма EXPRESS, с която е възможно да се интерпретират данни от експресни опити (водоналивания или водочерпения) в шурфове и сондажи (в неводонаситена и във водонаситена среда). Нейният алгоритъм в един от модулите използва метода на Ернст.

Получените графични зависимости са представени на Фигури 5.2-1, 5.2-2, 5.2-3, 5.2-4, 5.2-5, 5.2-6 и 5.2-7, като с ромбчета са нанесени опитните данни, а с плътни линии – апроксимиращата права.

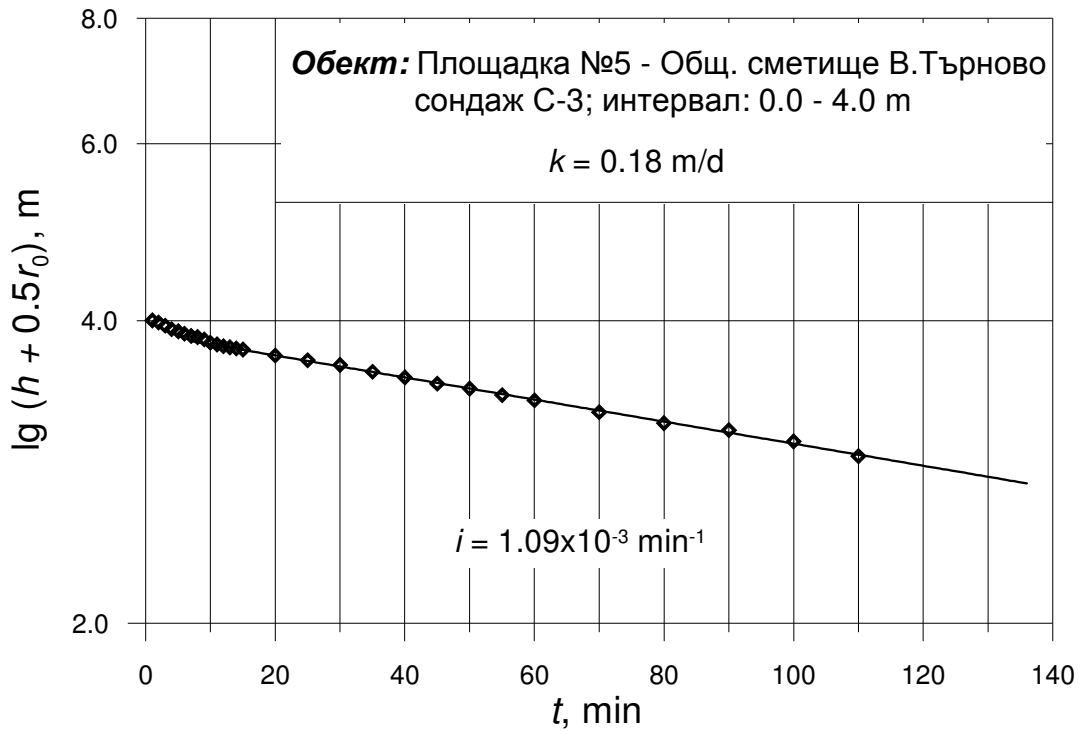
Изчислените стойности за k са обобщени в Табл. 5.2-9.



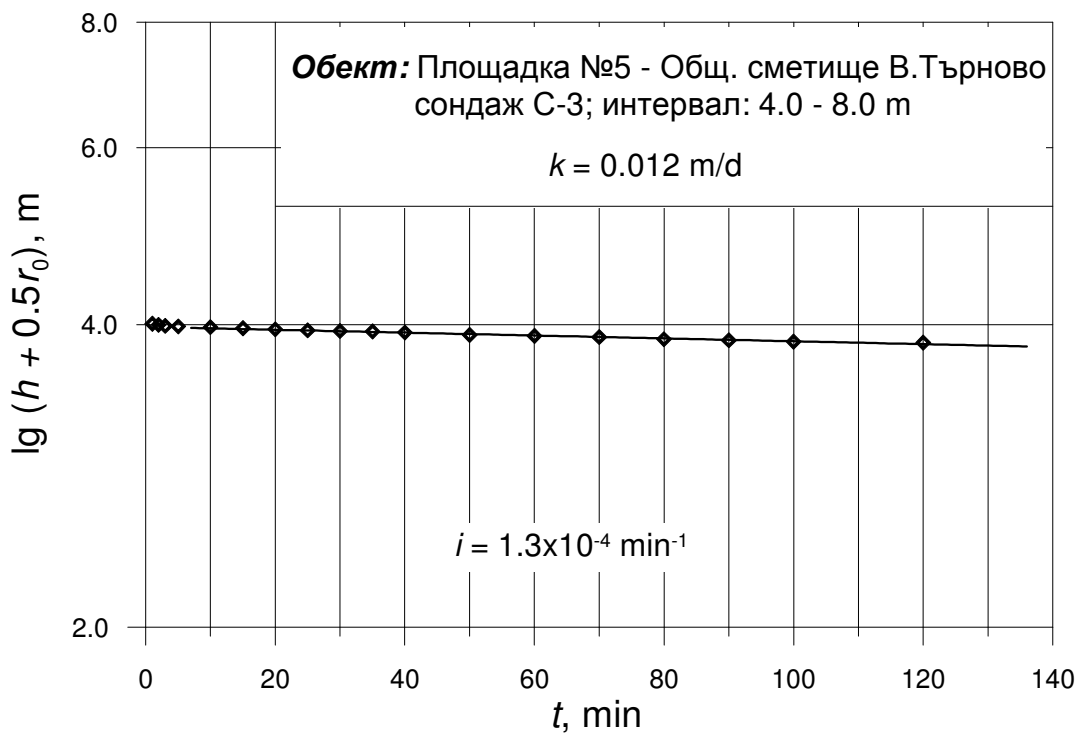
Фиг. 5.2-1. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Резултати от интерпретацията на данни от експресното водоналиване в сондаж С-1, интервал 0,0-9,0 m



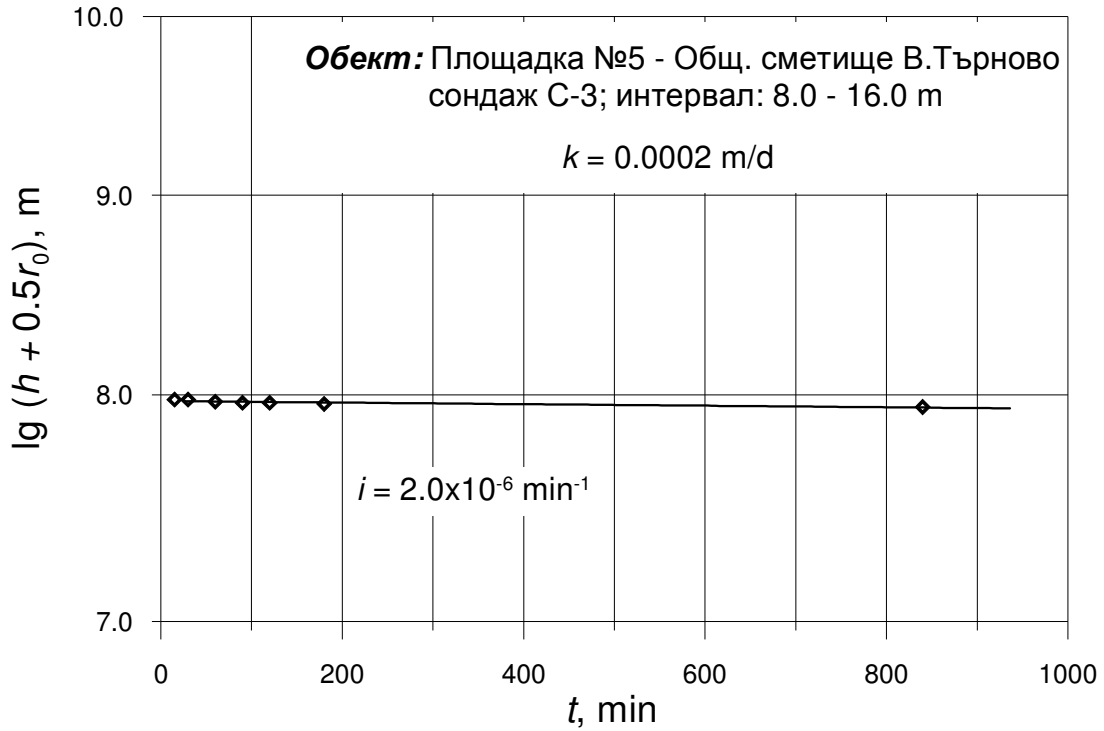
Фиг. 5.2-2. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Резултати от интерпретацията на данни от експресното водоналиване в сондаж С-1, интервал 9,0-15,0 m



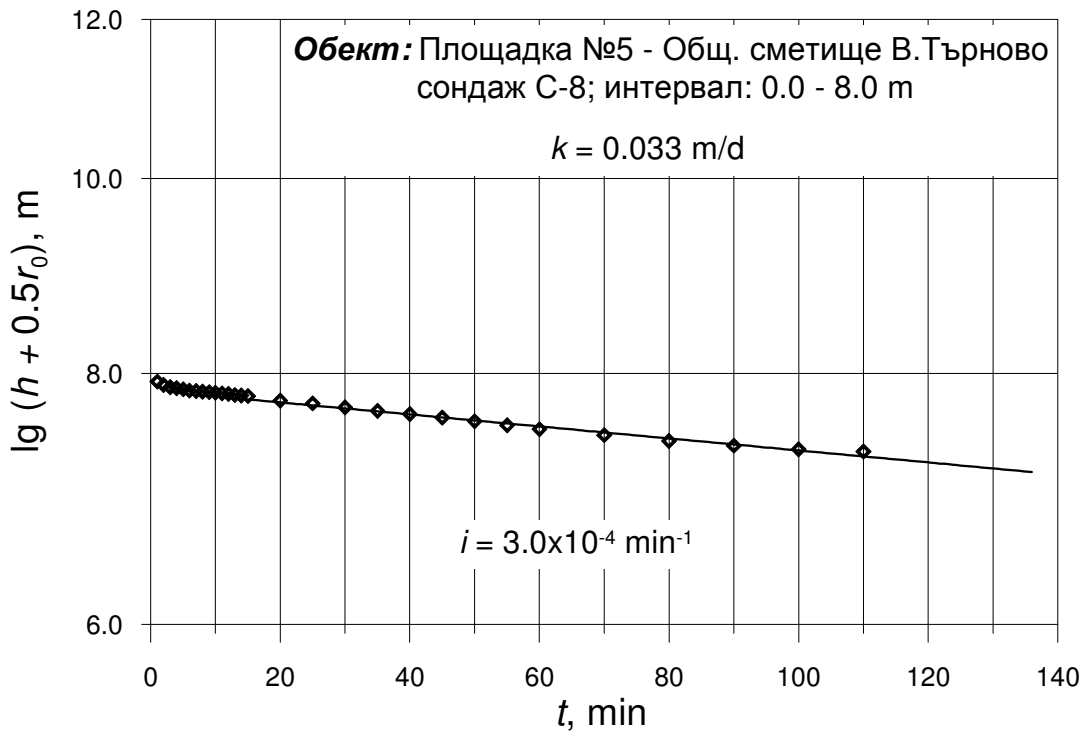
Фиг. 5.2-3. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Резултати от интерпретацията на данни от експресното водоналиване в сондаж С-3, интервал 0,0-4,0 m



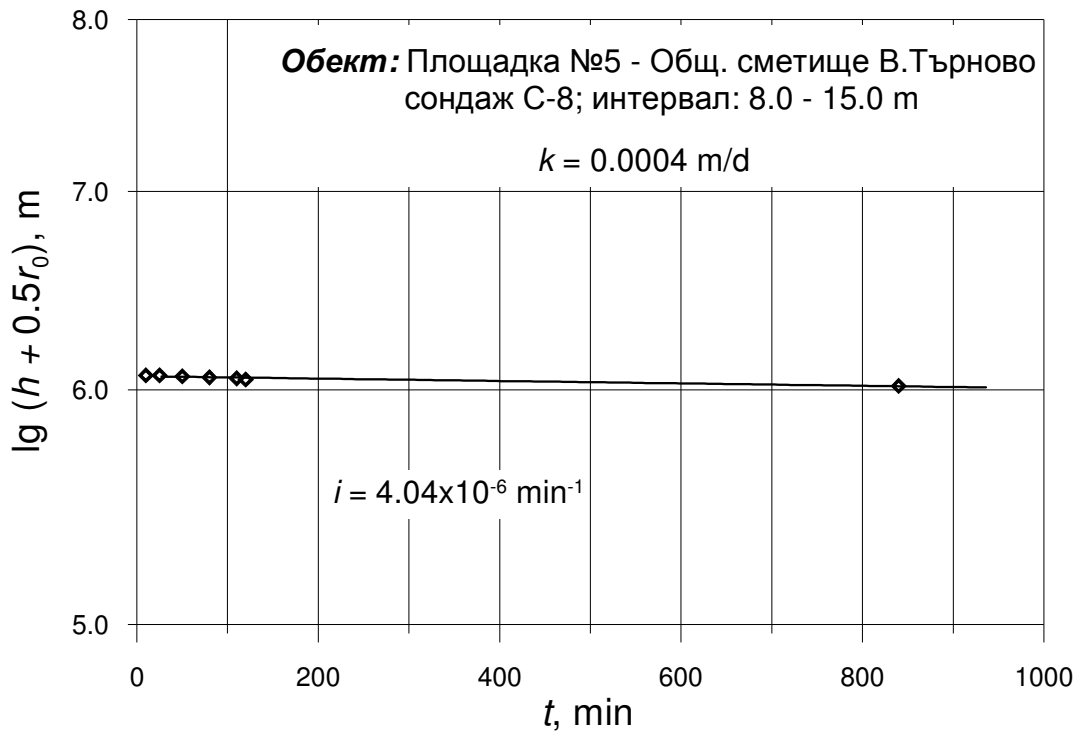
Фиг. 5.2-4. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Резултати от интерпретацията на данни от експресното водоналиване в сондаж С-3, интервал 4,0-8,0 m



Фиг. 5.2-5. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Резултати от интерпретацията на данни от експресното водоналиване в сондаж С-3, интервал 8,0-16,0 m



Фиг. 5.2-6. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Резултати от интерпретацията на данни от експресното водоналиване в сондаж С-8, интервал 0,0-8,0 m



Фиг. 5.2-7. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Резултати от интерпретацията на данни от експресното водоналиване в сондаж С-8, интервал 8,0-15,0 m

Таблица 5.2-9.

Резултати от интерпретацията на данните от експресните опити

Пункт	Опит	Изпитван интервал от- до-, m	Литоложка характеристика	Коефициент на филтрация k, m/d
1	2	3	4	5
С-1	Експресно водоналиване	0,0-9,0	<ul style="list-style-type: none"> □ от 0,0 до 0,5 m – глина, хумусна □ от 0,5 до 9,0 m – изветрял мергел с прослойки от пясъчник 	0,085
С-1	Експресно водоналиване	9,0-15,0	<ul style="list-style-type: none"> □ от 9,0 до 14,5 m – изветрял мергел с прослойки от пясъчник □ от 14,5 до 15,0 m – мергел, плътен 	0,00045
С-3	Експресно водоналиване	0,0-4,0	<ul style="list-style-type: none"> □ от 0,0 до 3,2 m – делувиална глина, кафява, плътна със скални късове □ от 3,2 до 4,0 m – елувиална мергелна глина 	0,18
С-3	Експресно водоналиване	4,0-8,0	<ul style="list-style-type: none"> □ от 4,0 до 8,0 m – елувиална мергелна глина 	0,012
С-3	Експресно водоналиване	8,0-16,0	<ul style="list-style-type: none"> □ от 8,0 до 9,5 m – елувиална мергелна глина □ от 9,5 до 11,0 m – изветрял мергел с прослойки от пясъчник □ от 11,0 до 16,0 m – мергел, плътен 	0,0002

1	2	3	4	5
С-8	Експресно водоналиване	0,0-8,0	<ul style="list-style-type: none"> □ от 0,0 до 0,5 m – глина, хумусна □ от 0,5 до 0,7 m – делувиална глина, кафява, плътна със скални късове □ от 0,7 до 8,0 m – изветрял мергел с прослойки от пясъчник 	0,033
С-8	Експресно водоналиване	8,0-15,0	<ul style="list-style-type: none"> □ от 8,0 до 15,0 m – изветрял мергел с прослойки от пясъчник 	0,0004

Въз основа на получените резултати от проучвателното сондиране в границите на двете площадки се отделят четири ниско рангови хидрогеоложки единици. Те се характеризират с ниски, но рязко различаващи (до няколко порядъка) филтрационни характеристики: *силно проницаем пласт*, *слабо проницаем пласт*, *пронцаем пласт* и *много слабо проницаема зона*.

Първата хидрогеоложка единица е *силно проницаемият пласт*, формиран в делувиалните глинни, установени в най-горната част на геоложкия разрез. Глините са прахови до прахово-песъчливи, кафяви до тъмно кафяви, със скални късове. Той е установен и има широко повърхностно разкритие в централните и източните части на площадката (Гр. приложение 1). Средната дебелина на този пласт варира в границите от 0,5 до 3-4 m. Проницаемостта на делувиалните глинни е сравнително висока. По данни от експресното водоналиване в сондаж С-3 (в интервала от 0 до 4 m) за коефициента на филтрация на този пласт може да се приеме стойността 0,18 m/d.

Втората хидрогеоложка единица е *слабо проницаемият пласт*, формиран в елувиалните мергелни глинни. Този пласт лежи почти повсеместно под силно проницаемия пласт. Дебелината му варира най-често в интервала 5-10 m. Мергелните глинни се характеризират с много ниска проницаемост. При експресните опити определения за тях коефициент на филтрация е около 0,01 m/d. Ще отбележим, че в западната част на площадката елувиалните глинни отсъстват.

Третата хидрогеоложка единица е *пронцаемият пласт*. Той обхваща най-горните части от Камчийската свита, представени от изветрели мергели и прослойки от пясъчници. Това предопределя и твърде широкия диапазон на вариране на филтрационните характеристики. По данни от проведените в този пласт експресни тестове коефициентът на филтрация се изменя от 0,0004 до 0,085 m/d. При математическите моделни изследвания с голям инженерен запас може да се приеме, че коефициентът на филтрация на *пронцаемия пласт* е 0,09 m/d. В източната и централната част на площадката този пласт е припокрит от делувиалните и елувиалните глинни. Същият има по-значителни повърхностни разкритие в западна посока.

В долната част на разреза под проницаемия пласт (на дълбочина 15-20 и повече метра) е установена подложка, изградена от плътни мергели. В хидрогеоложки аспект те се разглеждат като *много слабо проницаема зона*. Коефициентът на филтрация на тази зона е много нисък – около и под 0,0002 m/d. Много слабо проницаемата зона на практика играе ролята на един добре издържан регионален водоупор.

В Табл. 5.2-10 са посочени приетите средни стойности на коефициента на филтрация за четирите ниско рангови хидрогеоложки единици. Същите са използвани като изчислителни величини при разработването на математическия модел за прогнозиране на условията за разпространение на замърсителите в подповърхностното пространство.

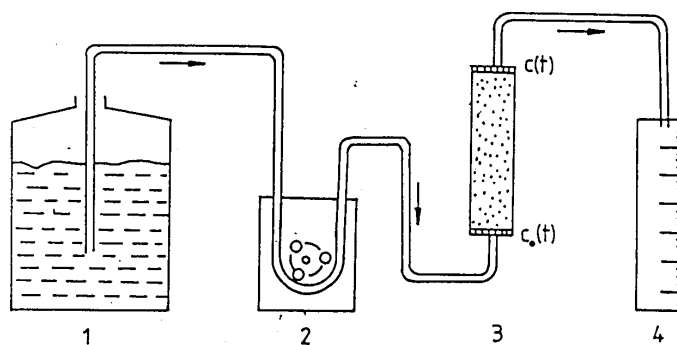
Средни стойности на коефициента на филтрация k на основните хидро-геоложки единици в района на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново

Хидрогеоложка единица	Литоложка характеристика	Коефициент на филтрация k , m/d
Силно проницаем пласт	Делувиална глина, прахова до прахово-песъчлива	0,18
Слабо проницаем пласт	Елувиална мергелна глина	0,012
Проницаем пласт	Изветрял мергел и пясъчник	0,09
Много слабо проницаема зона	Мергел, плътен	0,0002

5.3. Миграционни характеристики на основните хидрогеоложки единици

За определяне на някои по-важни миграционни характеристики на геоложката основа на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново са проведени три лабораторни индикаторни опита в колони. При изследванията като индикатори са използвани хлоридни йони, които се съдържат в големи концентрации в сметищния инфилтрат. 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.

Лабораторните опити са проведени по схемата, илюстрирана на Фиг. 5.3-1. Преди започване на всеки опит вградените проби са водонаситени по капиларен път. Изследванията са проведени при непрекъснато подаване на индикаторния разтвор, като филтрацията се осъществява отдолу нагоре. Скоростта на филтрация v е постоянна. По време на опитите през различни интервали от време е измервана електропроводимостта на изходното сечение на колоната и са вземани водни проби за химически анализ. Допълнително по време на всеки опит са водени наблюдения върху изменението на хидрохимичната обстановка. За целта са измервани температурата и рН на изходното и входното сечение на колоната, като установените изменения са незначителни.



Фиг. 5.3-1. Схема на установката за лабораторни миграционни опити:

- (1) Разтвор с изследваните замърсители;
- (2) Перисталтична микропомпа;
- (3) Филтрационна колона;
- (4) Прибор за измерване на обеми и вземане на проби.

Опитите са проведени в три филтрационни колони. За моделиране на филтрационната среда са използвани земни проби, взети от основните литоложки разновидности, изграждащи геоложката основа на площадката: делувиална глина, мергелна глина и изветрял мергел (Табл. 5.3-1). Тези проби са представителни за потенциалната среда на разпространение на замърсителите – силно проникваемия пласт от делувиални прахови и прахово-песъчливи глинни, слабо проникваемия пласт от мергелни глинни и проникваемия пласт от изветрели мергели и пясъчници.

При подготовката на изходните индикаторни разтвори за всеки опит е използвана дестилирана вода, в която е разтворено определено количество амониев хлорид (NH_4Cl). Входните концентрации c_0 на хлоридните йони (Cl^-) са посочени в Табл. 5.3-1. В същата таблица са представени и данни за геометричните характеристики на вградените земни проби (дължина на пробата и радиус на колоната), за скоростта на филтрация v и за фоновата концентрация c_B .

Таблица 5.3-1.

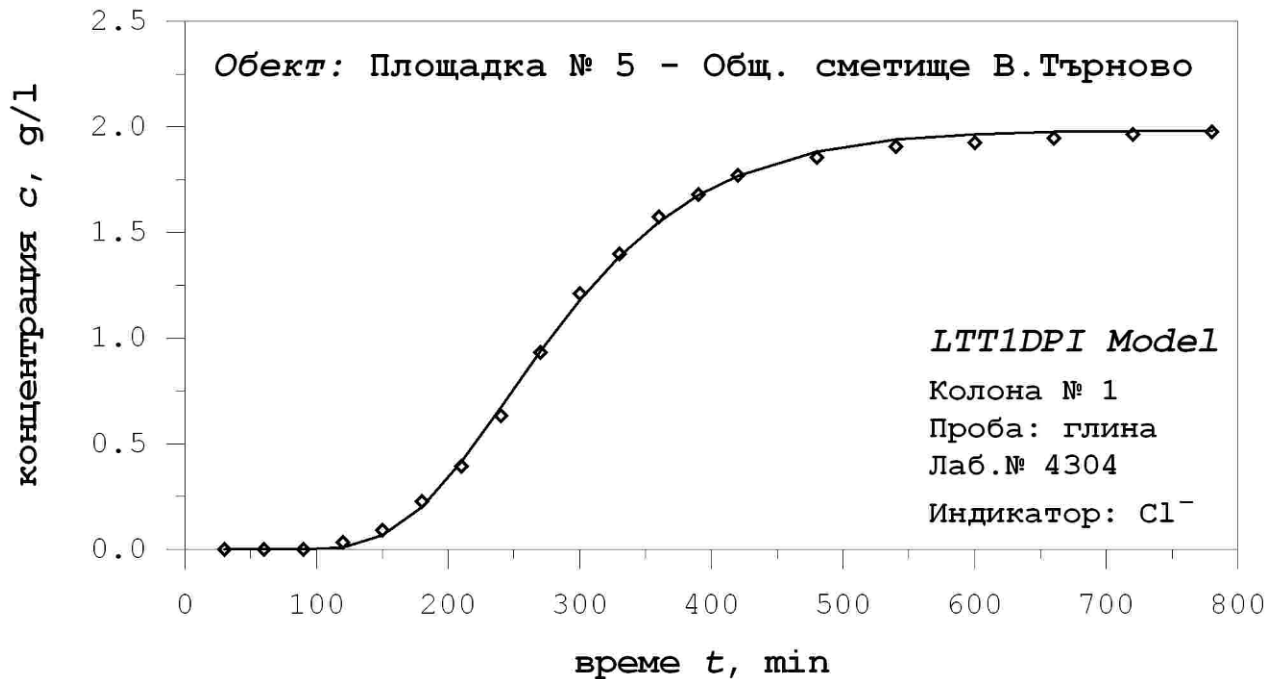
Данни за условията за провеждане на индикаторните опити в колони със земни проби от Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново

Колона №	Колона 1	Колона 2	Колона 3
Лабораторен №	4304	4313	4315
Литоложка разновидност	Глина, прахова	Мергелна глина	Мергел, изветрял
Дължина на пробата x , m	0,07	0,07	0,07
Радиус на колоната r , m	0,008	0,008	0,008
Скорост на филтрация v , m/d	0,326	0,135	0,286
Входна концентрация на Cl^- , g/l	1,985	1,795	1,810
Фонова концентрация на Cl^- , g/l	0,00	0,00	0,00

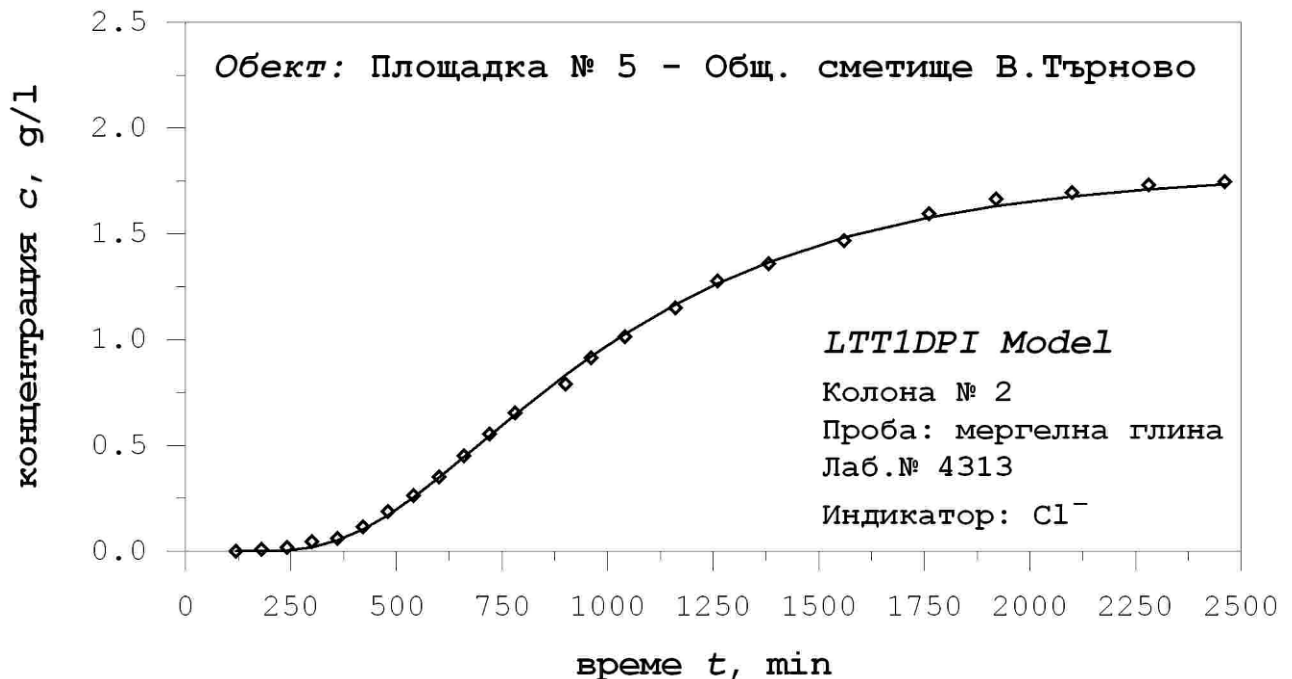
В хода на всеки опит през различни времеви интервали са вземани водни проби в обем от 0.5-1.0 cm^3 . Определянето на физичните и хидрохимичните характеристики на взетите проби е направено електрометрично (за температурата и специфичната електропроводимост – с помощта на апаратура на фирмата WTW) и титрометрично (за концентрациите на Cl^-).

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). Ще отбележим, че използваният идентификационен метод в алгоритъма на програмата се основава на изцяло автоматизираното сравняване на реалните наблюдения от опита със серия от теоретични криви, описващи протичащия миграционен процес. Серията от теоретични криви се получава посредством аналитично решение на уравнението, описващо едномерния пренос на вещество, като в определени граници се варират стойностите на търсените миграционни параметри (сорбционна порестост n_s и надлъжната дисперсивност α_L). За намирането на точните стойности на тези параметри се използва оптимизационна процедура, търсеща минимума в разликите между теоретичните криви и наблюденията от опита. Необходимите входни данни за програма LTT1DPI са: дължина на пробата x [m]; скорост на филтрация v [m/d]; фонова концентрация c_B [g/l]; начална концентрация c_0 [g/l]; текстов файл с данни за концентрацията $c_i = f(t_i)$ [g/l], където t_i е времето от началото на опита до i -тото измерване [min].

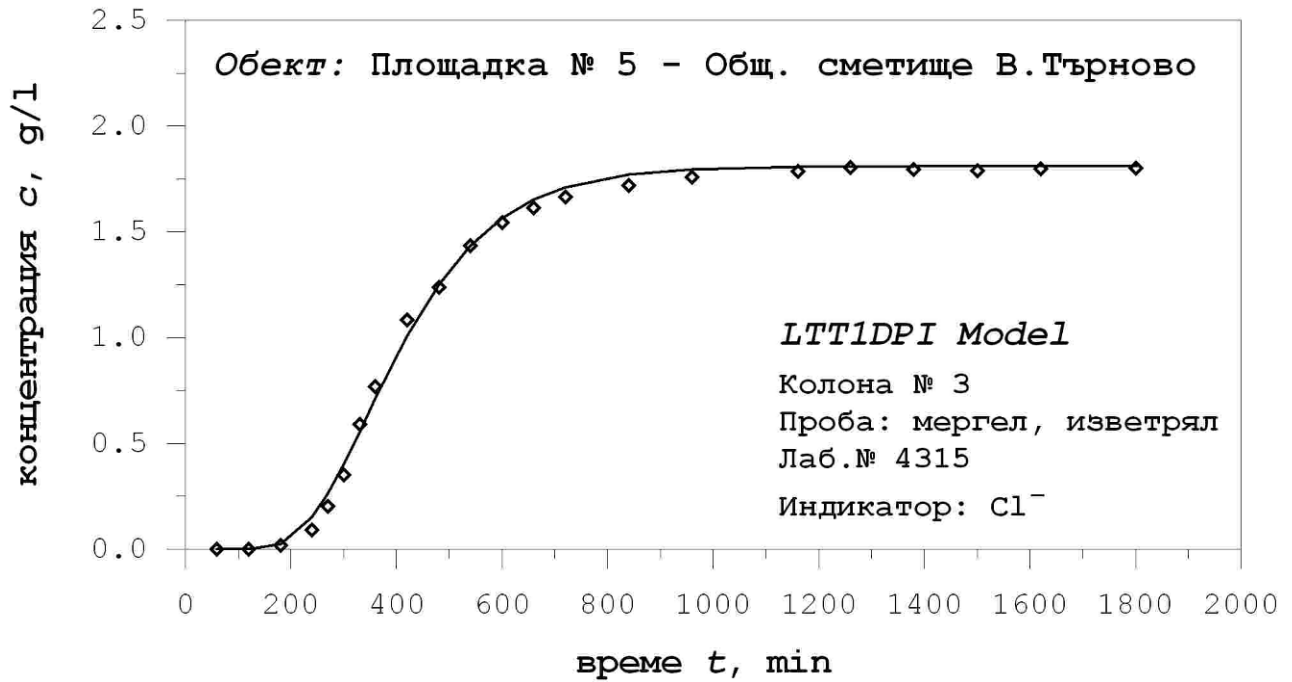
Експерименталните данни от трите опита са илюстрирани с ромбчета на Фигури 5.3-2, 5.3-3 и 5.3-4. На същите фигури с плътни линии са представени и получените с компютърната програма LTT1DPI идентификационни (апроксимиращи) криви. Определените с програмата стойности на n_s и на α_L са дадени в Таблица 5.3-2. В същите таблици са представени данни за общата порестост на изследваните земни проби.



Фиг. 5.3-2. Индикаторен опит със земна проба от Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново



Фиг. 5.3-3. Индикаторен опит със земна проба от Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново



Фиг. 5.3-4. Индикаторен опит със земна проба от Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново

Таблица 5.3-2.

Резултати от интерпретацията на данните от индикаторните опити в колони със земни проби от Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново

Колоната №	Литоложка разновидност	Сорбционна порестост n_s , -	Надлъжна дисперсивност α_L , m
Колоната 1	Глина, прахова	0,95	0,004
Колоната 2	Мергелна глина	1,45	0,011
Колоната 3	Мергел, изветрял	1,21	0,005

Представените в Табл. 5.3-2 стойности за миграционните параметри на изследваните проби дават основание да се направи следния коментар.

- 1 Най-висока сорбционна порестост n_s спрямо консервативните хлоридни йони имат мергелните глини, изграждащи слабо проницаемия пласт, а най-ниска – делувиалните глини от силно проницаемия пласт. Независимо от тази диференциация, обаче, опитно определените стойности за n_s (от 0,95 до 1,45) показват, че изследваните литоложки разновидности притежават много висока задържаща способност. Поради това може да се очаква, че скоростта на разпространение на евентуалните замърсители, постъпили от дъното на депото в подповърхностното пространство ще бъде много ниска.
- 2 Стойностите за надлъжната дисперсивност α_L са изключително ниски (от порядъка на няколко сантиметра), което 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 стойностите, посочени в специализираната литература.

5.4. Математически модели за прогнозиране на разпространението на замърсителите в подповърхностното пространство

Основна цел на проведените математически моделни изследвания е да се прогнозира замърсяването на геоложката основа при драстично неспазване на приетата технология за депониране и в резултат на аварийно изтичане на “сметищни” води на Площадка № 5 – Общинско сметище Велико Търново.

Математическият модел разглежда една екстремна хипотеза, според която на територията на площадката няма изграден противофилтрационен екран, няма дренажна система за улавяне на постъпилите в дълбочина “сметищни” води, както и система от канали за отвеждане на повърхностните води. Освен това се предполага, че изтичащите от депонираните отпадъци течни емисии безпрепятствено се инфилтрират в неводонаситената част на насипището (в т. нар. зона на аерация).

С модела са симулирани условията за разпространение на силно подвижните замърсители по примера на хлоридните йони. На тази база е направена прогноза за развитието и възможния обхват на процесите на замърсяване в подповърхностното пространство за период от 100 години и са оценени и самопречистващите способности на геоложката основа.

5.4.1. Методика и инструменти на математическото моделиране

Разработването на математически модел на условията за движение на замърсители в среда с променлива водонаситеност изисква решаването на две основни задачи: филтрационна и миграционна. Първата задача включва определянето на потока във всяка точка на полето с променлива водонаситеност. Втората задача е свързана с моделирането на преноса на вещество.

За решаването на тези две задачи е използвана разработената по поръчка на Геоложката служба на САЩ (USGS) компютърна програма VS2DI. Програмата включва три основни модула: (1) VS2DTI – за симулиране на филтрационния поток и преносът на вещество; (2) VS2HI – за симулиране на филтрационния поток и енергийния (топлинния) пренос и (3) VS2DPOST – за визуализация на резултатите от предходните две програми.

Първите две програми са комбинирани в общ графичен интерфейс, който се състои от предпроцесор и постпроцесор. Предпроцесорът служи за дефиниране границите на моделната област, филтрационните и миграционните свойства, началните и граничните условия, геометрията на мрежата за изчисление и т. н. Постпроцесорът е свързан с цифровия модел по такъв начин, че всички междинни резултати, получени по време на моделирането се изобразяват на екрана и могат да се наблюдават непосредствено. Резултатите от симулацията могат да бъдат изобразени във вид на изолинии на всмукващия потенциал, на съдържанието на влага в почвата, на степента водонаситеност, на концентрацията на замърсителя или на температурата, на скоростта или на големината на потока.

Модулът VS2DT 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. Връзката между всмукващия потенциал Ψ , съдържанието на влага в почвата ω и отосителния коефициент на филтрация (коефициента на влагопроводност) \bar{k} може да бъде моделирана с помощта на функциите предложени от van Genuchten (1980), Brooks and Corey (1964), Haverkamp et al (1977) или чрез таблични стойности. 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 елиминирание (адсорбция и йонен обмен) и необратимо елиминирание. Използваното уравнение за описване на движението на разтвори в частично водонаситена среда може да се запише като (Bear, 1979):

$$\frac{\partial \theta c}{\partial t} = \nabla \cdot \overline{\theta D_h} \cdot \nabla c - \nabla \cdot \overline{\theta v} c + SS \quad (5.1)$$

където: θ е обемната влагонаситеност, [-]; c е концентрацията на съответния замърсител, [ML⁻³]; t е времето, [T]; ∇ е диференциален оператор $\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}$, [L⁻¹]; $\overline{D_h}$ е тензор на хидродинамичната дисперсия, [L²T⁻¹]; \overline{v} е вектор на скоростта на движение на течността, [LT⁻¹]; SS е членът описващ приходът (разходът) на вещество в разтвора, [ML⁻³T⁻¹].

Първият от дясната страна на уравнение (5.1) отразява хидродинамичната дисперсия, включваща механичната дисперсия и молекулярната дифузия.

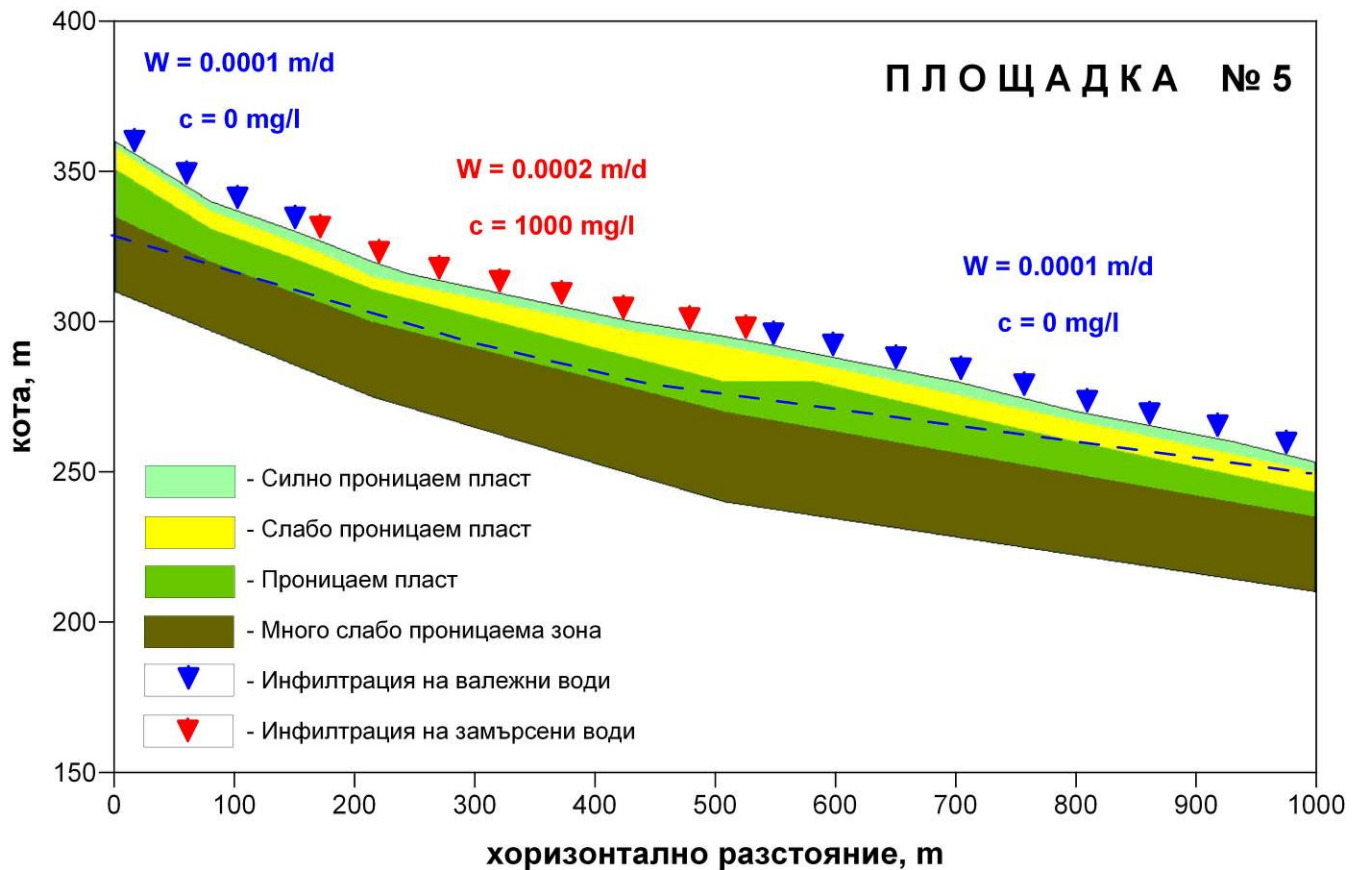
Вторият член представлява дивергенцията на конвективния поток. Този член отчита промяната на концентрацията на разтвора, дължаща се на преноса на вещество с филтрационния поток.

Членът SS отразява процесите, обуславящи постъпването (или напускането) на вещество в течната фаза. Тези процеси могат да се симулират по два начина: (1) разтворената маса се въвежда в или извежда от моделната област посредством задаване на определена концентрация на замърсителя в зададения по границата входящ или изходящ поток; (2) изменението на концентрацията на замърсителя се симулира посредством линейната изотерма на Henry, изотермата на Freundlich или изотермата на Langmuir, с които се описват химическите реакции в течната фаза или реакциите между течната и твърдата фаза.

5.4.2. Концептуален модел

Математическият модел за прогнозиране на поведението на замърсителите в зоната на аерация е разработен при следните предпоставки.

Обект на разглеждане е геоложката основа на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново по профил II-II (Фигура 5.4-1). В разрезите по този профил са установени четири ниско рангови хидрогеоложки единици: силно проницаем пласт (делувиални глини), слабо проницаем пласт (мергелни глини), проницаем пласт (изветрели мергели) и много слабо проницаема зона (здравни мергели) – вж. Фигура 5.4-1.



Фигура 5.4-1. Граници на моделната област, моделните зони и граничните условия в разреза по профил П-П

Пространственото положение и филтрационните характеристики на тези единици са дефинирани по данни от сондажното проучване и от опитно-филтрационните тестове. Стойностите на величините, характеризиращи задържащата способност на средата (сорбционната порестост n_s , респ. коефициентът на разпределение K_D) са определени въз основа на лабораторни индикаторни опити със земни проби, взети от Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново. Единствено сорбционната порестост n_s на много слабо проницаема зона е приета по данни от миграционните изследвания на мергели, взети от Площадка № 22 Асеново запад. За дисперсивността на изграждащите геоложката основа на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново седименти са зададени стойности, съобразени с цитираните в специализираната литература данни за подобен тип среда (Garabedian, Gelhar and Celia, 1988; Gelhar et al, 1992; Harpaz, 1965; Papadopoulos and Larson, 1978 и др.).

Осреднените стойности на филтрационните и миграционните характеристики за всяка хидрогеоложка единица са посочени в Табл. 5.4-1.

Филтрационни и миграционни характеристики

Параметър	Хидрогеоложка единица			
	Силно проницаем пласт	Слабо проницаем пласт	Проницаем пласт	Много слабо проницаема зона
Обща порестост n , -	0,37	0,30	0,15	0,07
Плътност на скелета ρ_d , g/cm ³	1,75	1,90	2,00	2,20
Коефициент на филтрация k , m/d	0,18	0,012	0,09	0,0002
Сорбционна порестост n_s , -	0,95	1,45	1,21	1,60
Коефициент на разпределение K_D , cm ³ /g	0,56	0,76	0,61	0,73
Надлъжна дисперсивност α_L , m	2,0	3,5	3,0	2,5
Коефициент на дифузия D_M , m ² /d	5×10^{-4}	6×10^{-4}	4×10^{-4}	2×10^{-4}

Според приетата работна хипотеза на територията на площадката в продължение на 10 години изтичат “сметищни” води. От съдържащите се в тях различни по вид и концентрация замърсители е уместно да се проследи поведението на хлоридните йони, които поради своята консервативност са изключително подвижни. Предвид ниските филтрационни характеристики на глините в горната част на геоложката основа се предполага, че само част от замърсените води се инфилтрират в дълбочина, а друга част се оттичат повърхностно, следвайки естествения наклон на терена. Въз основа на предварително проиграните вариантни решения със задаване на различни стойности на скоростта на инфилтрация на сметищните води W_p (при равни други условия) се установи, че математическият модел е устойчив при W_p не по висока от 0,0002 m/d. Ето защо тази стойност е приета по-долу при съставянето на основния модел на условията за движение на замърсителите в подповърхностното пространство. В модела е прието още, че входната концентрация на хлоридните йони е $c_{Cl} = 1000$ mg/l. Същевременно, в регионален план от повърхността постъпват и около 5% от падналите валежи. При средна годишна сума на валежа за станция В. Търново 680 mm, за скоростта на инфилтрация на валежните води е приета стойността $W = 1 \times 10^{-4}$ m/d. Съдържанието на хлоридни йони в тези води е нищожно малко ($c_{Cl} \approx 0$ mg/l).

Прогнозата за разпространението на подвижните замърсители е направена в различни моменти от време за период от 100 години. Ще отбележим, че след десетата година, т.е. след ликвидиране на “аварийното” изтичане на замърсени води, от цялата повърхност постъпват единствено чисти води ($c_{Cl} \approx 0$ mg/l) със скорост $W = 1 \times 10^{-4}$ m/d.

5.4.3. Композиране на математическия модел

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

Математическият модел е двумерен. С него се симулира поведението на бързите замърсители в подповърхностното пространство в разреза по профил II-II (Фиг. 5.4-1). Четирите хидрогеоложки единици, установени в тези разрези, са симулирани с четири моделни зони. В математическите модели всяка моделна зона е зададена с геометрия,

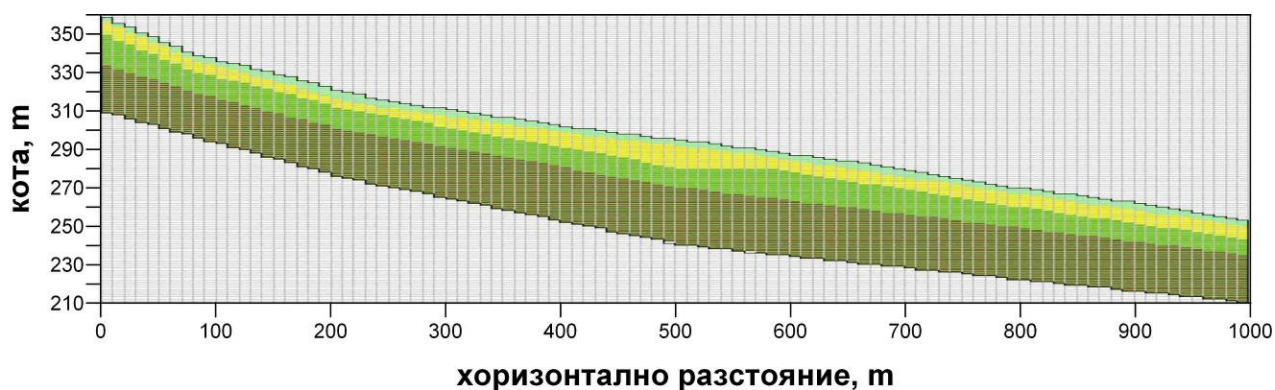
филтрационни и миграционни характеристики, отговарящи на реалните обекти (вж. Таблица 5.4-1).

Връзката между всмукващия потенциал Ψ , съдържанието на влага ω и коефициента на влагопроводност \bar{k} е моделирана с помощта на функциите предложени от van Genuchten. В случая за параметрите RMC, α и β са използвани посочените в специализираната литература стойности за подобен тип геоложка среда. За моделиране на реакциите между течната и твърдата фаза е използвана линейната изотерма на Henry.

Границата между неводонаситената и водонаситената зона в разреза е зададена, съобразно цитираните във фондовите източници средногодишни нива на подземните води в района. На Фиг. 5.4-1 и тя е изобразена с пунктирна синя линия.

Времето за симулация е разделено на 100 стрес периода. Всеки период е с дължина 1 година. През първите 10 стрес периода се приема, че от повърхността постъпват замърсени води със скорост на инфилтрация $W_p = 0,0002$ m/d. Входната концентрация на хлоридните йони е $c_{Cl} = 1000$ mg/l – вж Фиг. 5.4-1. В следващите стрес периоди (от 11 до 100) постъпването на замърсители е прекратено и по цялата граница е зададено гранично условие $W = 0,0001$ m/d и $c_{Cl} = 0$ mg/l, т.е. от повърхността се инфилтрират само чисти валежни води.

При дискретизацията на моделната област е използвана ортогонална мрежа с размери на клетките 1x10 m (Фиг. 5.4-2).



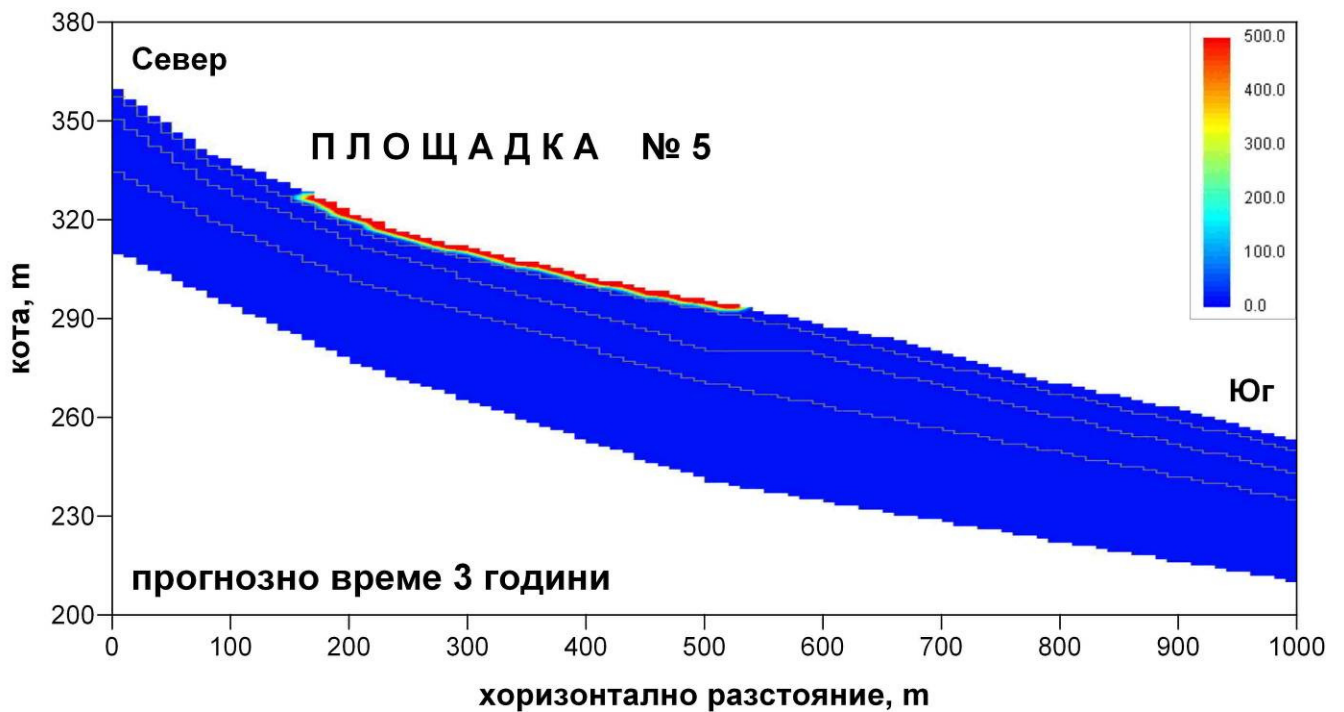
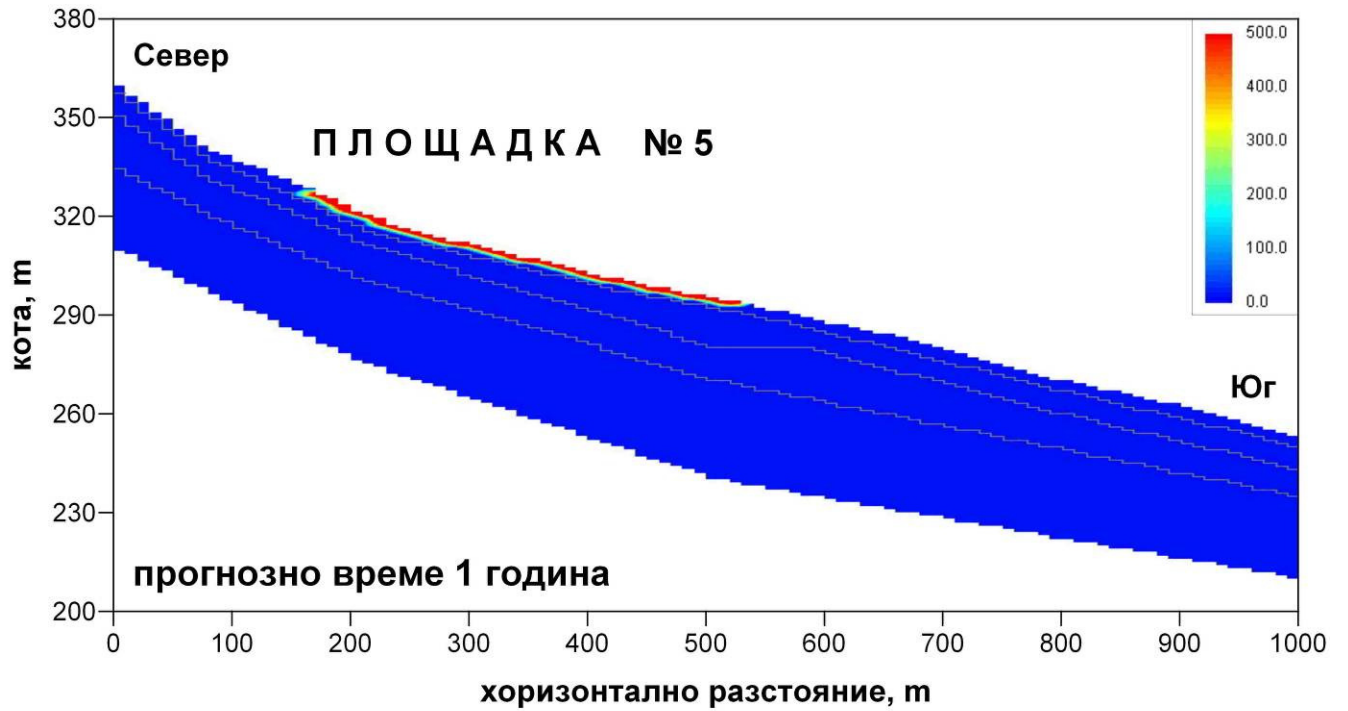
Фиг. 5.4-2. Моделна мрежа

5.4.4. Резултати от математическото моделиране

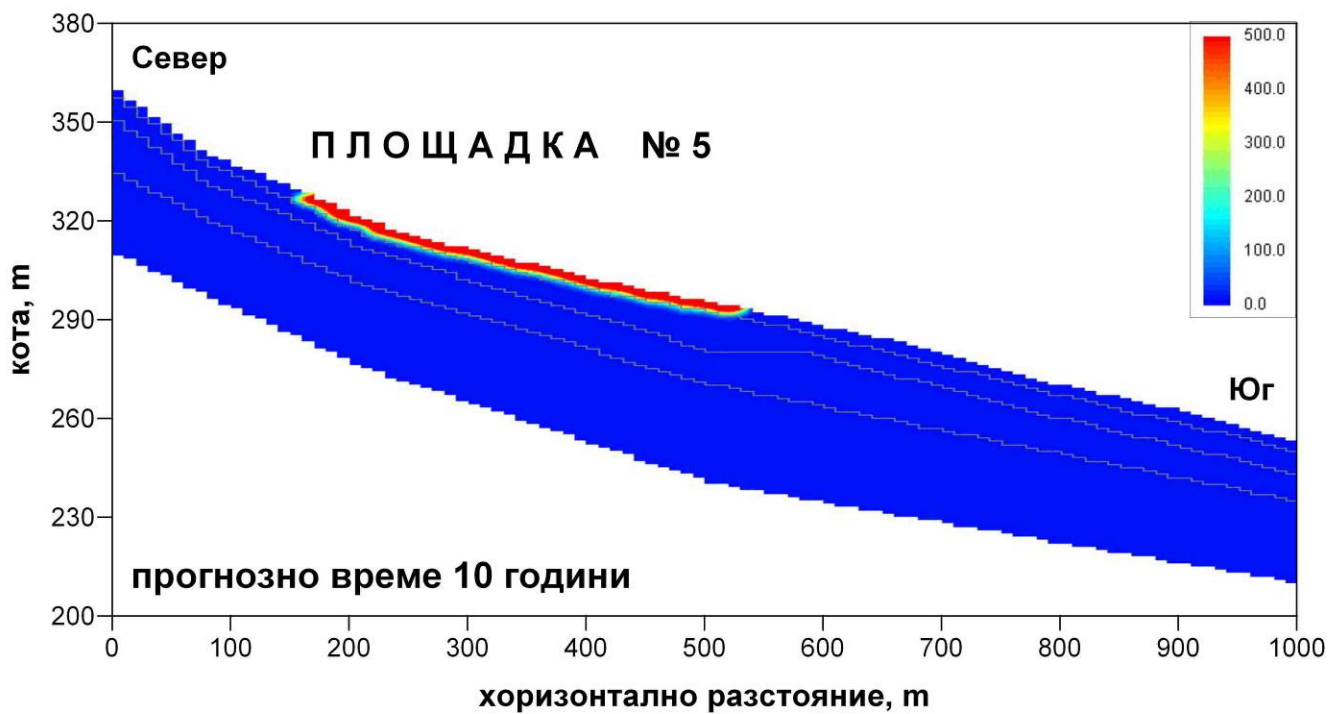
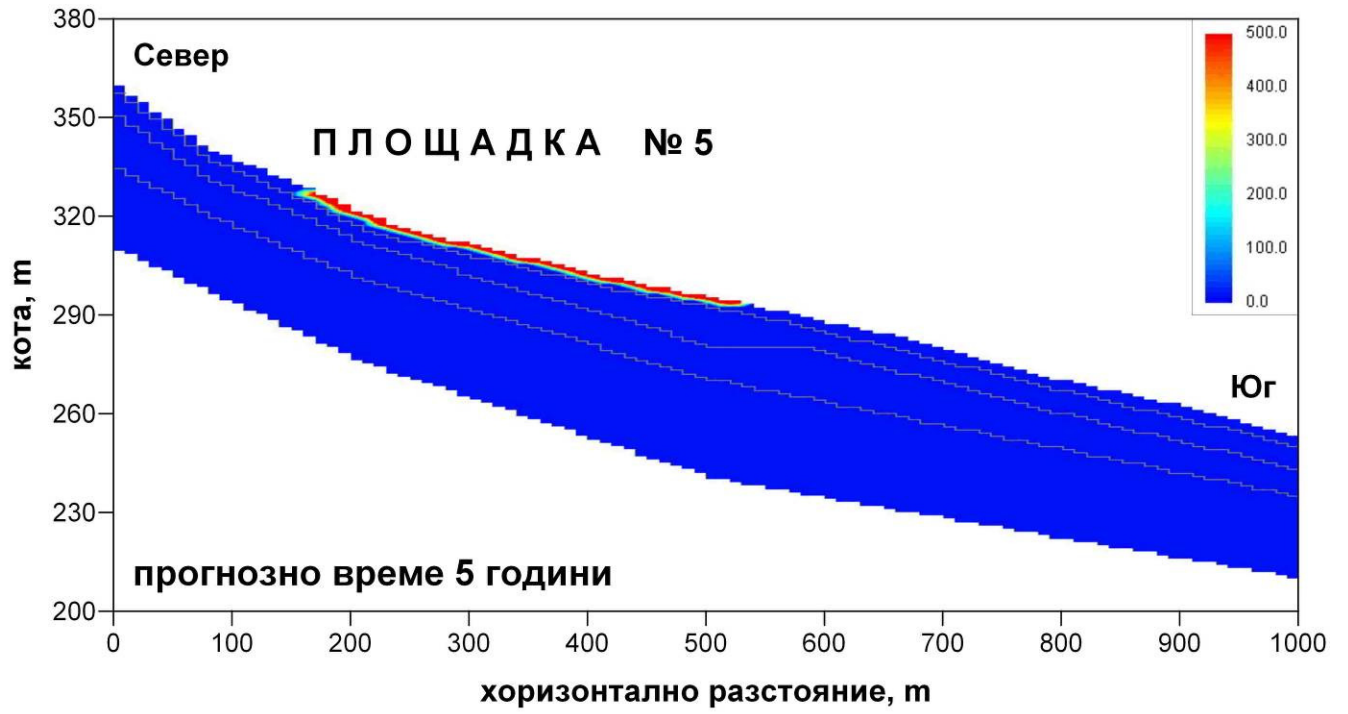
С разработения математически модел на условията за движение на замърсителите е направена прогноза за степента на замърсяване в подповърхностното пространство в края на всеки стрес период.

За илюстрация на получените резултати на Фигури 5.4-3 и 5.4-4 са представени четири вертикални карти по съдържание на хлоридни йони. Те дават много добра представа за настъпилите промени в концентрационното поле в изчислителни моменти 1, 3, 5 и 10 години, т.е. в условията на непрекъснато постъпване на замърсители от земната повърхност.

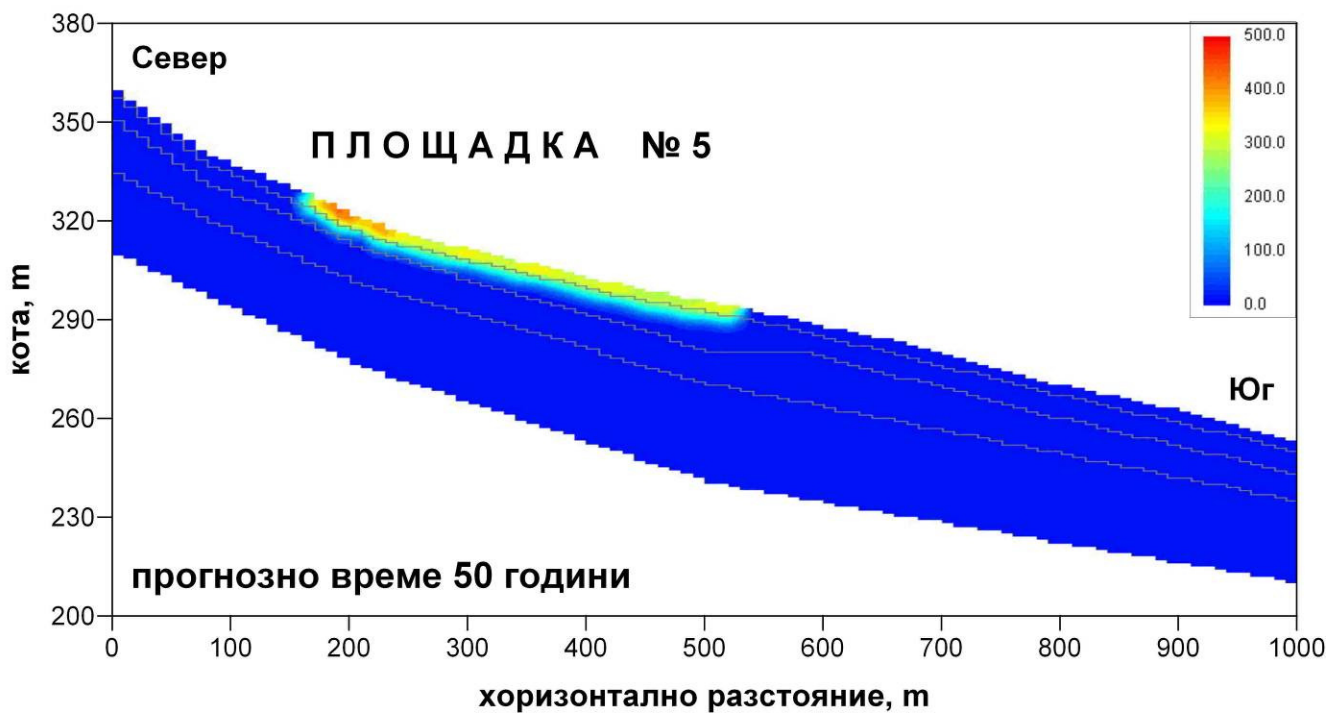
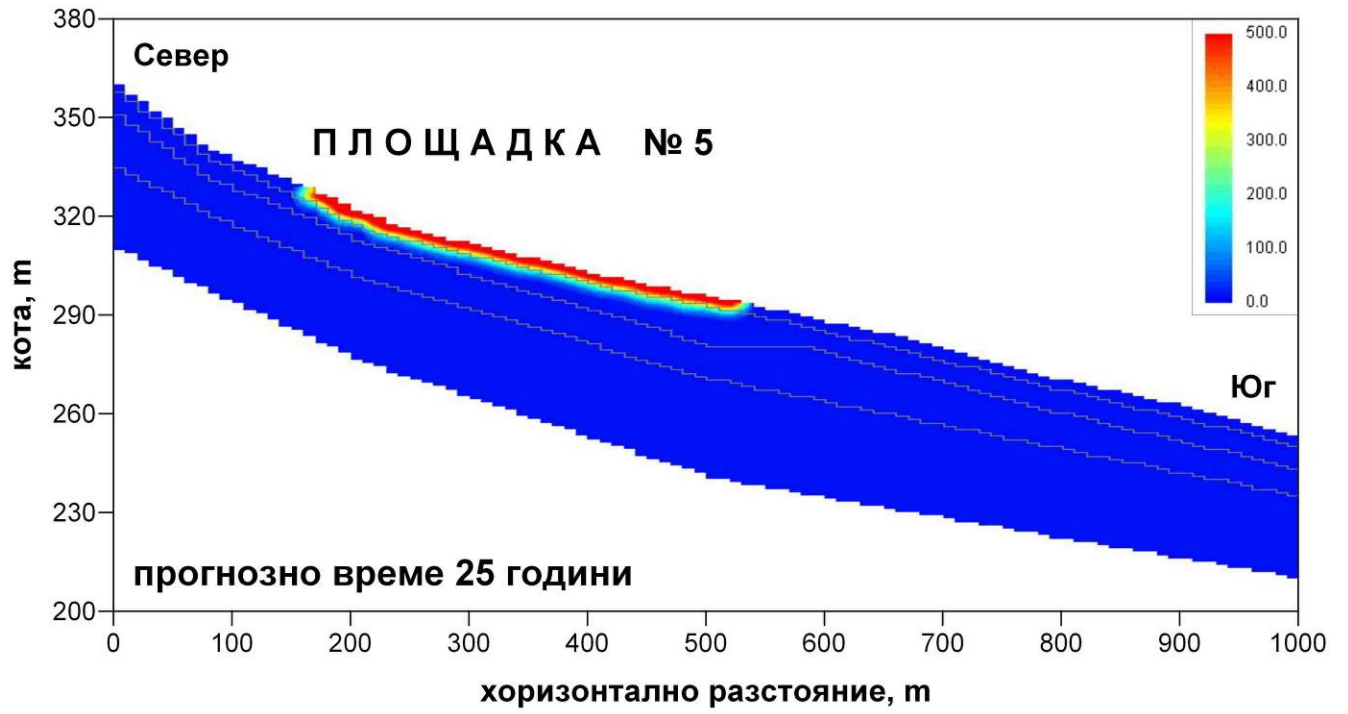
На Фигури 5.4-5 и 5.4-6 са представени други четири карти – за моменти 25, 50, 75 и 100 години след елиминиране на основния източник на замърсяване. Тези карти илюстрират възможното последващо разпространение на замърсителите при условие, че от повърхността се инфилтрират единствено чисти валежни води.



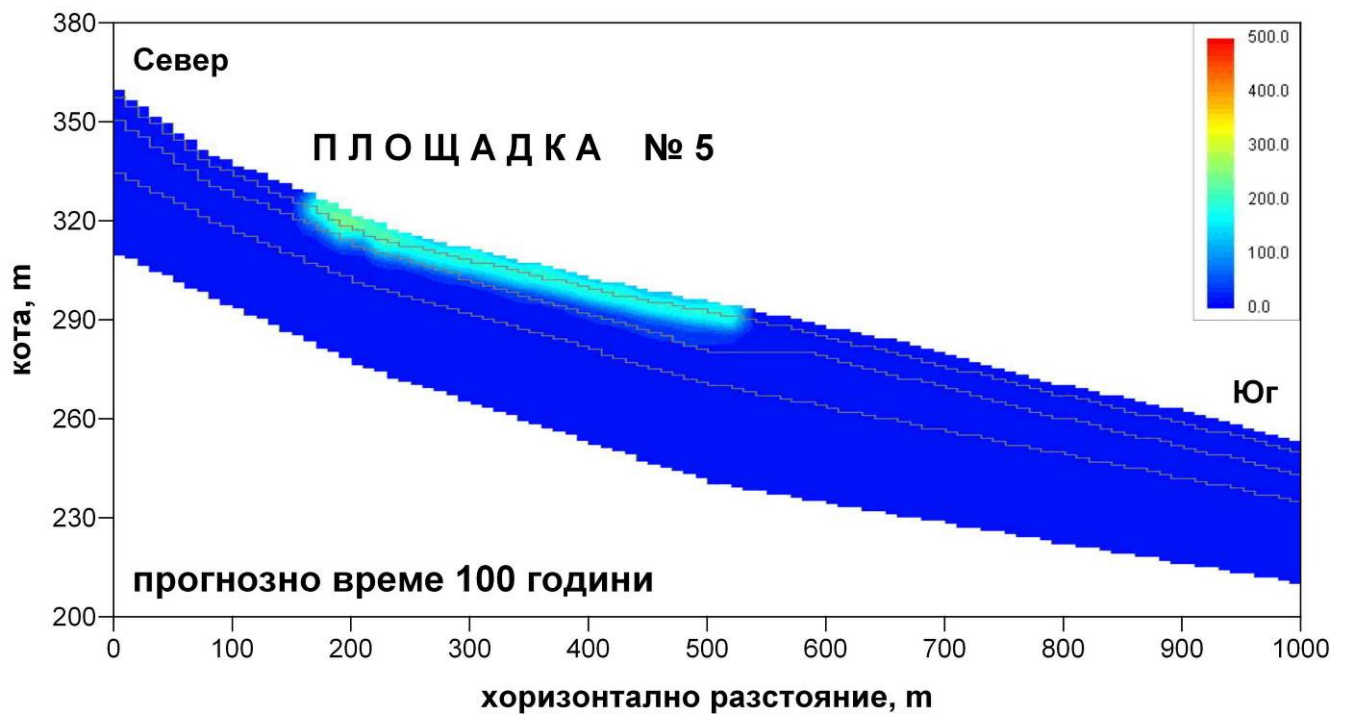
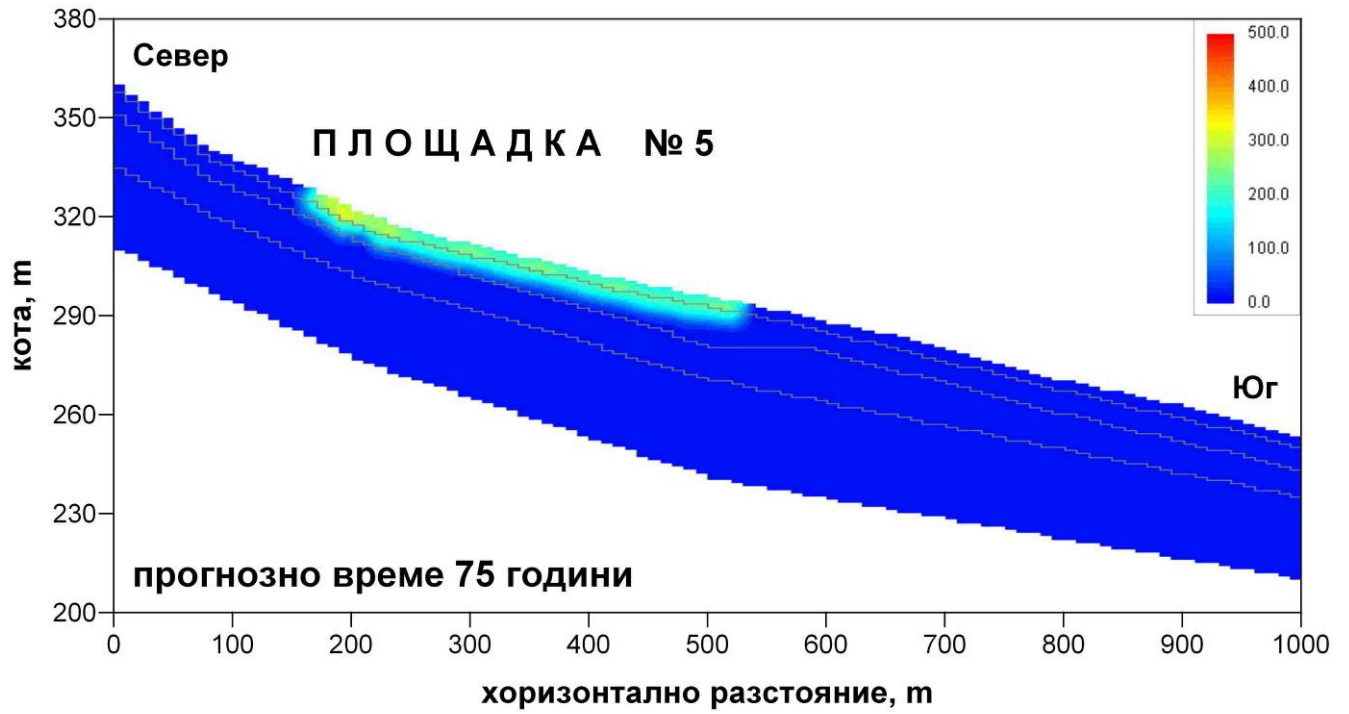
Фиг. 5.4-3. Разпространение на замърсителите при непрекъснато постъпване на замърсени води от земната повърхност(прогнозно време 1 и 3 години)



Фиг. 5.4-4. Разпространение на замърсителите при непрекъснато постъпване на замърсени води от земната повърхност(прогнозно време 5 и 10 години)



Фиг. 5.4-5. Разпространение на замърсителите след ликвидиране на източника на замърсяване (прогнозно време 25 и 50 години)



Фиг. 5.4-6. Разпространение на замърсителите след ликвидиране на източника на замърсяване (прогнозно време 75 и 100 години)

Изводи

Сравнителният анализ на представения на Фигури 5.4-3, 5.4-4, 5.4-5 и 5.4-6 картен материал позволяват да се направят следните обобщения относно обхвата и динамиката на процесите на замърсяване в подповърхностното пространство при хипотезата, предполагаща изтичане на значителни количества “сметищни” води на територията на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново.

- 1 При непрекъснато изтичане на “сметищни” води по цялата площ на бъдещото депо част от тях ще се инфилтрират в дълбочина, а друга част ще се оттича повърхностно на юг, следвайки естествените релефни форми.
- 2 В резултат на високата сорбционна способност и слабата проницаемост на геоложката основа на площадката, скоростта на разпространение на бързо подвижните замърсители в подповърхностното пространство ще е относително ниска. Прогнозните изчисления показват, че за 3 години те ще преминат силно проницаемия слой от делувиялни глини (с дебелина 2-3 m) и ще започнат да напредват главно по дифузионен път в много слабо проницаемия пласт от мергелни глини. За 10 години бързо подвижните замърсители ще достигнат до дълбочина 4-5 m – вж. Фиг. 5.4-4. В края на 10 годишния период най-замърсени ще бъдат приповърхностните части на разреза – делувиялните глини. Тук концентрацията на хлоридни йони ще е около и над 500 mg/l.
- 3 След прекратяване на притока на “сметищен” инфилтрат от повърхността, вече постъпилите замърсители ще продължат да мигрират, макар и много бавно, в дълбочина. В мергелните глини и изветрелите мергели преносът на вещество ще се реализира главно по пътя на молекулярната дифузия и дисперсията, поради което възможностите за разпространение на замърсителите са доста ограничени. В края на моделната симулация (след 100 години) фронтът на замърсяване в дълбочина ще достигне до много слабо проницаемата зона от здрави (ненарушени) мергели, които се разглеждат като условен водоупор. Замърсената зона ще обхване главно пространството под дъното на бъдещото депо (до дълбочина 15-20 m). Същевременно, латералното движение (извън територията на депото) на замърсителите ще е твърде ограничено. В посока към реката, преминаваща на около 500 m на юг от площадката, фронтът на замърсяване след 100 години ще е напреднал едва на 15-20 m от границата на депото. В така очертаната замърсена зона в подповърхностното пространство концентрацията на хлоридни йони ще е в границите от 50 до 150-200 mg/l, като високите стойности са характерни за приповърхностния слой (до дълбочина 3-4 m) – вж. Фиг. 5.4-6.
- 4 Прогнозираното постепенно намаление на концентрацията на хлоридните йони е признак за изчистването на геоложката основа от този тип замърсители. Следва да се очаква, че районът на аварийното изтичане на “сметищни води” ще остане или ще бъде впоследствие замърсен с доста широк спектър от по-слабо подвижни конвенционални и приоритетни замърсители (органични съединения, тежки метали и др.). Голямата сорбируемост на тези замърсители, обаче, няма да им позволи да преминат отвъд очертаните от моделното решение граници.

В заключение ще обобщим, че дори при реализирането на една тежка аварийна ситуация на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново замърсяването на подповърхностното пространство ще е дълготрайно, но с много ограничени размери. Геоложката основа има много добра способност да задържа разпространението на замърсители и е напълно подходяща за изграждане на депо за битови отпадъци.

Следва да отбележим още, че ако се спазват всички изисквания на регламентиращите изграждането и експлоатацията на ДТБО закони и нормативни документи, симулираният с математическия модел сценарий на практика много трудно би се реализирал.

Ще препоръчаме при бъдещата експлоатация на обекта да се извършат следните задължителни за подобен тип съоръжения мероприятия:

- Изграждане на водонепроницаем екран на дъното на депото и на система за дрениране и отвеждане на течните емисии извън “сметищното” тяло.
- Около площадката да се изградят канавки за отвеждане на скатовите и валежните води извън нейната територия.
- В рамките на площадката и на прилежащите ѝ територии е необходимо да се изгради система за локален мониторинг на повърхностните и подземните води. Събраната допълнителна информация ще даде възможност повторно калибриране на разработения математически модел, което ще повиши и точността на прогнозите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на резултатите от проведените полско-проучвателни, лабораторни и камерални работи позволява да бъдат направени следните изводи за геоложките, инженерногеоложките и хидрогеоложки условия на площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново за изграждане на регионално депо за твърди битови отпадъци.

1. Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново попада в Старопланинската природогеографска област, Подблест Предбалкан, като в района преобладава хълмисто-ридов релеф. Площадката е разположена върху склон с южно изложение на локално възвишение. Северозападно от северозападния край на площадката се намира действащото Общинско сметище на ВеликоТърново. На около 2 km от площадката се намират селата Драгижево (на изток) и Шереметя на северозапад, а гр. ВеликоТърново е на около 7 km на северозапад. На около 450 m южно и почти успоредно на южната граница на площадката минава десен приток на р.Янтра, който се влива в нея при с. Върбица. На около 1 km югозападно от площадката има микроязовир, а до вливането му в реката има още три язовира (Черни мост, Добри дел и един до устието).

2. Проучваният район попада в Умереноконтиненталната климатична област, район на Дунавската хълмиста равнина.. Климатичните условия са умерено-континентални с топло лято и студена зима, голяма годишна амплитуда на температурата на въздуха и чести температурни инверсии. Сравнително високата честота на тихото време (62,7%) предполага неблагоприятни условия за разсейване на вредните вещества в атмосферата и сравнително високи приземни концентрации на замърсителите, случай че техните емисии имат високи стойности. В дните с вятър, скоростта му е ниска (под 2 m/s), което не предполага високо ниво на турбуленция и добри условия за разсейване на замърсителите в атмосферата. Преобладаващата посока на ветровете почти през цялата година са западните, като силните ветрове (със скорост ≥ 14 m/s) са също западните. Експозицията на площадката е благоприятна спрямо преобладаващите западни ветрове по отношение на най-близко разположеното населено място – с. Драгижево.

3. Площадката се намира в локален водосбор на притока към р. Янтра, която в този участък е водоприемник III категория. Притокът е с променлив дебит, има изградени 4 язовира, но не се следи отточния режим. Западно от площадката и почти успоредно на западната ѝ граница минава добре оформено дере с посока север – юг към притока. Съществуващото сметище е затрупало най-северния участък на естественото дере, което обаче остава извън, но в непосредствена близост и почти успоредно на западната граница на новата площадка. Вододелна линия с посока север – юг разделя площадката на две части. Западната част е малка и се отводнява към дерето, прекъснато от съществуващото сметище и насочено към десния приток на р. Янтра. източната част на площадката се отводнява посредством широко и плитко дере към притока или директно към него. Гравитиращата площ към площадката е в източната ѝ част и възлиза на 85,9 декара.

4. Площадката попада в южната част на Преходната зона – първостепенна тектонска единица, която е ограничена от юг от Същинския Предбалкан, а от север от Мизийската платформа. В геоложко отношение строежът на площадката е прост и еднообразен. Изграден е главно от мергелите на Горнооряховската свита. Тя има широки площни разкрития в района. Основен компонент на Горнооряховска свита са мергелите, които на цвят са синкавосиви до гълъбовосиви. Най-често се отнасят към слабо алевритовите глинести мергели. Те съдържат отделни редки и тънки прослойки от здрави варовити дребнозърнести пясъчници до алевролити, както и по-меки несортирани

глинести пясъчници. В рамките на площадката основните коренни скали са типичните монотонни синкавосиви на цвят мергели, отговарящи на описаните в Горнооряховската свита скали, ронливи в дълбочина поради по-високото си варовито съдържание. В приповърхностната си част поради ерозията и изнасянето на карбонатното вещество и увеличаване на глинестата компонента, те придобиват жълтеникав до светлобежов цвят. Общата дебелина на Горнооряховска свита в изследвания район е над 1000 m. Максималния хроностратиграфски диапазон на свитата е от ранния хотрив до ранния апт. За подложка в южната част от изследвания район служат скалите на Камчийската свита, които притежават песъчлив характер, а в северната част за подложка на единицата служи Каспичанската свита. В различните части на района за покривка на Горнооряховската свита служат различни долнокредни седименти.

Кватернерната покривка е представена от делувиални отложения. Те имат широко площно развитие в рамките на геоложката карта. Покриват по-голямата част от коренните скали, представени от мергелите на Горнооряховска свита. Застъпени са предимно в източният полегат склон на площадката, както и в южна и източна посока извън нея. Представени са от кафеникави до тютюневи на цвят плътни делувиални глини в приповърхностната си част (до към 3–5 m), които преминават в светлокафеви до охрени песъчливи глини в по-ниските нива. В сред последните се увеличава песъчливата компонента, като се срещат и хаотични късчета от ръждиви дребнозърнести пясъчници. Дебелината на делувиалните отложения варира, като в западната част на площадката делувиалната покривка е от 1 m до 3 m, а в източната по-ниско разположена част тя е в порядъка на 12–14 m като тя несъмнено се увеличава в южна и източна посока извън границите на площта.

5. Поделените инженерногеоложки разновидности изграждащи геоложкия разрез на площадката са с добри физикомеханични свойства, които са подходяща земна основа за фундиране на сгради и съоръжения.

Проучваният терен не е засегнат от интензивни физикогеоложки процеси и явления. Склоновите участъци са спокойни, устойчиви, с отсъствие на изразени интензивни физико-геоложки процеси и явления. Екзогенни геодинамични явления като свлачища, срутища и др. гравитационни процеси нямат възможност за естествена изява, предвид геоложката структура и развитието на релефообразуващите процеси през кватернерния период. Плоскостната ерозия почти е притъпена, вследствие залесеността и затревеността на терена.

Инженерногеоложките условия на площадката са добри. Геоложкия разрез включва инженерногеоложки разновидности с добри физикомеханични свойства, които са подходяща земна основа за фундиране на сгради и съоръжения. Няма развити неблагоприятни физико-геоложки явления и процеси. Морфологията на терена и физикомеханичните свойства на инженерногеоложките разновидности, изграждащи геоложкия разрез не създават условия за развитие на гравитационни геодинамични процеси. Липсата на подземни води и ниската водопропускливост на разновидностите, изграждащи геоложкия разрез също благоприятстват изграждането на депо за твърди битови отпадъци (ДТБО) и съоръженията към него.

6. Подземни води не са установени при проучването. Глинестият характер на геоложкия разрез и стръмният терен не благоприятстват инфилтрацията и акумулирането на подземни води в проучената зона. Възможно е при водообилни сезони в кватернерните отложения изграждащи геоложкия разрез в ниската част на площадката да се формират водоносни зони с временен характер и незначителна водообилност. Условия за акумулиране на подземни води има в напуканите пясъчникови пластове, които проследяват

мергелите на Горнооряховската свита. В този район обаче, те са с по-ограничено разпространение, с малка дебелина и често изклинващи. Акумулираните в тях водни количества са незначителни, а понякога и с временен характер. Дренирането им е най-често чрез малки извори с непостоянен дебит и често пресъхващи. При проучването в близост до площадката не бяха установени подобни извори.

Стойностите на коефициента на филтрация на основните хидрогеоложки единици в района на площадката са определени след внимателен анализ на резултатите от интерпретацията на данните от проведените 7 експресни опита (водоналивания) по интервали в сондажи С-1, С-3 и С-8. Въз основа на получените резултати от проучвателното сондиране се отделят четири ниско рангови хидрогеоложки единици (пластове и зони).

- *силно проницаем пласт.* Формиран в делувиалните глини, установени в най-горната част на геоложкия разрез. Той има широко повърхностно разкритие в централните и източните части на площадката. Проницаемостта на делувиалните глини е сравнително висока – 0,18 m/d.

- *слабо проницаемият пласт.* Формиран в делувиално-елувиалните глини. Този пласт лежи почти повсеместно под силно проницаемия пласт. Дебелината му варира най-често в интервала 5-10 m. Мергелните глини се характеризират с много ниска проницаемост. При експресните опити определеният за тях коефициент на филтрация е около 0,01 m/d.

проницаемият пласт. Той обхваща най-горните части от Камчийската свита, представени от изветрели мергели и прослойки от пясъчници. Това предопределя и твърде широкия диапазон на вариране на филтрационните характеристики. По данни от проведените в този пласт експресни тестове коефициентът на филтрация се изменя от 0,0004 до 0,085 m/d. При математическите моделни изследвания с голям инженерен запас може да се приеме, че коефициентът на филтрация на *проницаемия пласт* е 0,09 m/d.

много слабо проницаема зона. Развита е в долната част на проучения геоложки разрез – под проницаемата зона. Коефициентът на филтрация на тази зона е много нисък – около и под 0,0002 m/d. Много слабо проницаемата зона на практика играе ролята на един добре издържан регионален водоупор.

Най-висока сорбционна порестост n_s спрямо консервативните хлоридни йони имат мергелните глини, изграждащи слабо проницаемия пласт, а най-ниска – делувиалните глини от силно проницаемия пласт. Независимо от тази диференциация, обаче, опитно определените стойности за n_s (от 0,95 до 1,45) показват, че изследваните литоложки разновидности притежават много висока задържаща способност. Поради това може да се очаква, че скоростта на разпространение на евентуалните замърсители, постъпили от дъното на депото в подповърхностното пространство ще бъде много ниска. Стойностите за надлъжната дисперсивност α_L са изключително ниски (от порядъка на няколко сантиметра), което 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 стойностите, посочени в специализираната литература.

Въз основа на възприетата работна хипотеза е разработен математически модел на движението на замърсителите в зоната на аерация. Съставеният математичен модел е двумерен. Прогнозирано е възможното разпространение на замърсителите в подповърхностното пространство в резултат на аварийно изтичане на “сметищни” води при неспазване на приетата технология за депониране на отпадъци. Според тази твърде

екстремна хипотеза в продължение на десет години на една голяма площ от територията на площадката “сметищните” води се инфилтрират в неводонаситената част на подповърхностното пространство. С модела са симулирани условията за разпространение на много подвижните замърсители в тази зона за период от 100 години и са оценени задържащите и самопречистващите способности на геоложката основа.

Сравнителният анализ на получените резултати от математичното моделиране дава основание да се направят следните изводи относно обхвата и динамиката на процесите на замърсяване в подповърхностното пространство при хипотезата, предполагаща безконтролно изтичане на големи количества “сметищни” води от площадката № 5 Общинско сметище Велико Търново.

- При непрекъснато изтичане на “сметищни” води по цялата площ на бъдещото депо част от тях ще се инфилтрират в дълбочина, а друга част ще се оттича повърхностно на юг, следвайки естествените релефни форми.
- В резултат на високата сорбционна способност и слабата проницаемост на геоложката основа на площадката, скоростта на разпространение на бързо подвижните замърсители в подповърхностното пространство ще е относително ниска. Прогнозните изчисления показват, че за 3 години те ще преминат силно проницаемия слой от делувиялни глини (с дебелина 2-3 m) и ще започнат да напредват главно по дифузионен път в много слабо проницаемия пласт от мергелни глини. За 10 години бързо подвижните замърсители ще достигнат до дълбочина 4-5 m – вж. Фиг. 5.4-4. В края на 10 годишния период най-замърсени ще бъдат приповърхностните части на разреза – делувиялните глини. Тук концентрацията на хлоридни йони ще е около и над 500 mg/l.
- След прекратяване на притока на “сметищен” инфилтрат от повърхността, вече постъпилите замърсители ще продължат да мигрират, макар и много бавно, в дълбочина. В мергелните глини и изветрелите мергели преносът на вещество ще се реализира главно по пътя на молекулярната дифузия и дисперсията, поради което възможностите за разпространение на замърсителите са доста ограничени. В края на моделната симулация (след 100 години) фронтът на замърсяване в дълбочина ще достигне до много слабо проницаемата зона от здрави (ненарушени) мергели, които се разглеждат като условен водоупор. Замърсената зона ще обхване главно пространството под дъното на бъдещото депо (до дълбочина 15-20 m). Същевременно, латералното движение (извън територията на депото) на замърсителите ще е твърде ограничено. В посока към реката, преминаваща на около 500 m на юг от площадката, фронтът на замърсяване след 100 години ще е напреднал едва на 15-20 m от граница на депото. В така очертаната замърсена зона в подповърхностното пространство концентрацията на хлоридни йони ще е в границите от 50 до 150-200 mg/l, като високите стойности са характерни за приповърхностния слой (до дълбочина 3-4 m) – Фиг. 5.4-6.
- Прогнозираното постепенно намаление на концентрацията на хлоридните йони е признак за изчистването на геоложката основа от този тип замърсители. Следва да се очаква, че районът на аварийното изтичане на “сметищни води” ще остане или ще бъде впоследствие замърсен с доста широк спектър от по-слабо подвижни конвенционални и приоритетни замърсители (органични съединения, тежки метали и др.). Голямата сорбируемост на тези замърсители, обаче, няма да им позволи да преминат отвъд очертаните от моделното решение граници.

7. Направените изводи показват, че при реализирането на една тежка аварийна ситуация на Площадка № 5 Общинско сметище Велико Търново замърсяването на подповърхностното пространство ще е дълготрайно, но с много ограничени размери. Геоложката основа има много добра способност да задържа разпространението на замърсители и е напълно подходяща за изграждане на депо за битови отпадъци.

8. Направената комплексна оценка на инженерногеоложките и хидрогеоложки условия на проучваната площадка показва, че е сравнително добра за ситуиране на ДТБО, и изграждане на съпътстващите я съоръжения и инсталации. При проектиране на депото е необходимо да се отчита спецификата на инженерногеоложките и хидрогеоложки условия в района на площадката, като за целта се спазват всички изисквания на законната и нормативната база. Конкретно внимание трябва да се обърне на изпълнението на следните препоръки:

- поради набъбващите свойства на кватернерните делувиални глини изграждащи горната част от геоложкия разрез да се спазват изискванията на Раздел III – Набъбващи почви на НППФ и да се ограничат възможностите за честа промяна на водно-влажностния режим на тези почви, което обуславя развитието на процесите на набъбване. . За тази цел е необходимо да се предвидят мероприятия за ограничаване достъпа на повърхностните води, стичащи се по склона в зоната на площадката.
- Да се изгради водонепроницаем екран на дъното на депото и на система за дрениране и отвеждане на течните емисии извън “сметищното” тяло.
- Около площадката да се изградят канавки за отвеждане на скатовите и валежните води извън нейната територия.
- В рамките на площадката и на прилежащите ѝ територии е необходимо да се изгради система за локален мониторинг на повърхностните и подземните води. Събраната допълнителна информация ще даде възможност за верифициране и повторно калибриране на разработения математически модел, което ще повиши и точността на прогнозите.

ЛИТЕРАТУРА

- Аладжова-Хрисчева, К. 1969. Стратиграфия на палеогена във Великотърновско. – Год. СУ, геол.-геогр. фак. Кн. 1 – геология, 61, 34-45.
- Аладжова-Хрисчева, К. 1988. Стратиграфия на долноеоценските седименти в Балванската синклинала (Великотърновско). – Сп. Бълг. геол. Д-во, 49, № 3, 57-64.
- Боков, П., Г. Георгиев, Т. Николов. 1981. Южный склон позднеюрского и раннемелового палеошельфа Северо-восточной Болгарии. – *Geologica Balc.*, 11, № 3, 67-94.
- Боков, П и др. 1987. Структурно-тектонски особености. Тектонско райониране. В: Геоложки предпоставки за нефтогазоносността на Североизточна България. С., Техника, 109-119.
- Бончев, Е. 1957. Геология на България. С., Народна просвета, 252 с.
- Бончев, Е. и др. 1963. Изясняване на геоложкия строеж на Предбалкана. Геофонд, ГИ на БАН.
- Бончев, Е. 1971. Обща тектонска характеристика на Предбалкана – В: Тектоника на Предбалкана. С. БАН, 13-22.
- Бончев, Е. 1986. Балканидите. Геотектонско положение и развитие. С. БАН, 273 с.
- Георгиев, Г., Л. Брюкнер, И. Монахов, В. Златарев. 1981. Дълбочинен строеж на Елено-Преславския Предбалкан по сеизмични данни. – В: Геология и нефтогазоносност на Североизточна България, С. Техника, 61-70.
- Желев, С. и др. 1958. Доклад за геоложкото картиране в Търновска площ в М 1:50 000, проведено през 1957 г. Геофонд КГ, III-10.
- Караюлева, Ю. и др., 1956. Доклад върху геоложките проучвания на част от Северна България (Търновско, Севлиево, Павликенско и Свищовско), извършени през 1955 г. Геофонд, К.Г., IV-44
- Караюлева, Ю. 1971. Доклад върху геоложките проучвания на част от Северна България (Търновско, Севлиево, Павликенско и Свищовско), извършени през 1955 г. Геофонд, К.Г., IV-44
- Недев, Н., И. Баев. 1960. Доклад за резултатите от структурно–сондажните проучвания в Търновска площ, проведени през 1958-1959 г. Геофонд КГ, III-159.
- Николов, Т., Х. Хрисчев. 1965. Основи на стратиграфията и литологията на долната креда в Предбалкана. Тр. Геол. Бълг., Сер. Стратигр. и тект., 6, 77-175.
- Николов Т. 1969. Стратиграфия на долната креда в част от Североизточна България. Изв. Геол. инст., Сер. Стратигр. и литолог., 18, 31-72.
- Николов, Т., Н. Рускова, 1987. Кредна система – долнокредна серия. Техника.
- 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.
- Филипов, Л. и др. 1968. Доклад за кватернерните отложения на част от Северна България между градовете Велико Търново, Попово, Русе и Тутракан, извършени през 1967 г. Геофонд КГ, IV – 225.
- Филипов, Л. И др. 1975. Доклад за геоморфоложкото картиране в М 1:100 000 и проучване на кватернерните отложения в част от Северна България между реките Осъм и Янтра, извършени през 1974 г. Геофонд КГ, V-166.
- Филипов Л., Л. Микова. 1977. Плейстоценът между долините на реките Янтра и Русенски Лом. Сп. БГД, 38, № 3, 235-250.
- Хрисчев, Х. 1966. Литостратиграфия на Ловешката ургонска група.–Изв. Геол. Инст., 15, 231-242.
- Хрисчев, Х., В. Златарски. 1968. Органогенни постройки в ургонските седименти на Централния Предбалкан.–В: Юбил. геол. сборник на Геол. Инст., С., БАН, 113–120.
- Хрисчев, Х. 1969. Литоложки строеж и условия на образуване на Еменската варовикова свита (Ловешка ургонска група). –Изв. Геол. Инст., Сер. Стратигр. и литол., 18, 171–205.
- Хрисчев и др., 1990. Геоложка карта на България в М 1 :100000 – к.л. В. Търново.
- Хрисчев, Х., Л. Недялкова, Г. Чешитев. 1993. Геоложка карта на България в М 1:100000 – к.л. В. Търново, Обяснителна записка.
- Чешитев, Г. и др., 1956. Доклад за геоложките проучвания на западната част от Североизточна България (Средната и долната част на поречието на реките Янтра и Русенски Лом и най-западната част на Добруджа), извършени през 1955 г. – Геофонд КГ, IV-43.
- Чешитев, Г., Л. Филипов, Х. Хрисчев. 1995а. Геоложка карта на България в М 1:100 000 – к.л. Омуртаг.
- Чешитев, Г., Л. Филипов, Х. Хрисчев. 1995б. Геоложка карта на България в М 1:100 000 – к.л. Омуртаг. Обяснителна записка.
- Nikolov, T. 1983. Arret J₂₋₂ coupe de la Formation de Roman. In: Reunion extraordinaire de la Soc. Geol. Franca en Bulgarie. Guide de l'excursion. Sofia, Presse universitaire, 50-51.
- Bear, J. 1979. Hydraulics of groundwater. New York, McGraw-Hill, 569 p.

- Brooks, R.H., and Corey, A.T. 1964. Hydraulic properties of porous media: Fort Collins, Colorado State University Hydrology Paper no. 3, 27 p.
- Gelhar, L.W., Welty, C., Rehfeldt, K.R. 1992. A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers, Water Resour. Res., 28(7), 1955-1974.
- Garabedian, S.P., Gelhar, L.W., Celia, M.A. 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.
- Harpaz, Y. 1965. Field experiments in recharge and mixing through wells, Underground Water Storage Study Tech. Rep. 17, Publ. 483, Tahal-Water Plann. for Isr., Tel Aviv.
- Haverkamp, R., Vauclin, M., Tovina, J., Wierenga, P.J., Vachaud, G. 1977. A comparison of numerical simulation models for one-dimensional infiltration: Soil Science Society of America Proceedings, v. 41, p. 285-294.
- Roberts, P.V., Reinhard, M., Hopkins, G.D., Summers, R.S. Advection-dispersion-sorption models for simulating the transport of organic contaminants. Int. Conf. on Ground Water Quality Research, Rice Univ., Houston, Texas.
- van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Proceedings, v. 44, no. 5, p. 892-898.