

**МЕТОДИ ЗА РЕХАБИЛИТАЦИЯ
И ИНЖЕНЕРНИ ПРИЛОЖЕНИЯ****3.1. Въведение**

Терминът управление на твърди отпадъци (SWM) обхваща всички процеси от възникването на твърдите отпадъци до тяхното обезвреждане. Интегрираното управление на твърдите отпадъци (ISWM) е по-обща концепция от SWM, тъй като съдържа и други компоненти, например обществено здраве, икономика, естетика и т.н. Рехабилитацията на открити сметища може да бъде анализирана в обхвата на понятието ISWM. В резултат на това ISWM може да се обясни като прилагането на всякакви техники и методи за минимизиране на вредните за околната среда ефекти от твърдите отпадъци и превръщането им в полезен продукт.

Методът на откритото сметище се използва от общините за отстраняване на твърди битови отпадъци (ТБО) тъй като е по-лек, безпроблемен, удобен е по ред икономически причини, но той има немалко технически недостатъци и е проява на безотговорност към околната среда. Използването на открито сметище е неподходящ метод за премахване на твърди отпадъци поради множеството недостатъци в инженерния дизайн и експлоатацията.

Органичните и биоразградимите отпадъци, произхождащи от ТБО, са основните проблеми, които са отговорни за отрицателните ефекти от откритите сметища и са в пряка връзка с тях. Различните видове твърди отпадъци, след като бъдат депонирани на открито сметище, започват да се разлагат първо аеробно и след това анаеробно. Високото съдържание на въглеродни съединения в биоразградимите отпадъци повишава концентрацията на химическата потребност от кислород (ХПК) в обема на инфилтратата и сметищния газ в зоната за изхвърляне. Източниците на инфилтрат са главно водното съдържание на твърдите органични отпадъци и валежите. Както бе споменато по-горе, концентрацията на ХПК в инфилтратата е висока поради високото органично съдържание на ТБО. В допълнение, инфилтратът обикновено се характеризира с високо съдържание на летливи мастни киселини (VFA), тежки метали, амониев азот и ниско рН. Следователно, той се описва като отпадъчна вода с висока трудност по отношение на характеризиране и третируемост. Ако

инфилтратът достигне подпочвените води, това ще доведе до необратими последици. Както е известно, откритите сметища нямат тръбопроводи за събиране на инфилтрат. Другият основен проблем на откритите сметища е сметищният газ, особено метанът. Газът метан причинява експлозии и пожари на площадката и около откритите сметища. Освен това метанът е по-опасен газ от въглеродния диоксид по отношение на парниковия ефект и изменението на климата. Газът метан се отделя в атмосферата поради липсата на система за неговото събиране в откритите сметища. Миризмата е другият проблем, който възниква от експлоатацията на открити сметища. Подложени на въздействието на отрицателните ефекти на откритите сметища са по-скоро предградията. Откритите сметища трябва да бъдат рекултивирани поради тяхното вредно въздействие върху здравето на хората и околната среда.

Докато развитите страни използват модерни системи за обезвреждане на твърди отпадъци като изгаряне, компостиране и депониране, за съжаление в неразвитите и развиващите се страни все още се използват неконтролирани сметища. Рехабилитацията на откритите сметища е важен въпрос, който трябва да бъде на дневен ред. Въпреки че някои открити сметища вече не са в експлоатация, те трябва да бъдат рекултивирани, поради продължаващите щети.

За рехабилитация на откритите сметища се използват различни методи. Рехабилитация на място, рехабилитация след механично разделяне и рехабилитация чрез прехвърляне на твърди отпадъци от депото са най-често използваните сред тях. Кой е най-подходящият метод за прилагане се решава според ситуацията на неконтролираните сметища и нуждите на населението. В допълнение, разходите за рехабилитация също са важен фактор. Ефективните причини, свързани с избора на метод, са местоположението, размерите на площадката, количеството на депонираните твърди отпадъци в откритото сметище, нивото на близост до подпочвените води и повърхностните води. Топографските и геоложките фактори също са от особена важност при вземането на решение дали да се извърши рехабилитация на мястото или не. Характеристика на отпадъците може да се направи, след тяхното изследване, чрез вземане на проби от различни точки на открито сметище. В резултат на изследването за изготвяне на характеристика, може да се приложи рехабилитация чрез механично разделяне. Например, ако количеството рециклируеми отпадъци е високо и процентът на материала под ситото е нисък, механичното разделяне ще бъде изключително полезна процедура. Но заедно с това трябва да бъдат взети под внимание икономическите фактори и анализът на разходите.

Инженерните съоръжения се определят от тези видове оценки и планиране. Инженерните приложения могат да бъдат разгледани под две заглавия, като оценка на текущото състояние и планиране на рехабилитацията. Оценката на текущото състояние включва оценка на състоянието на територията преди депонирането, окончателно планиране на територията, геоложки и хидрогеоложки проучвания и видове, и количество на депонираните отпадъци. След този етап идват проблемите с планирането и изпълнението на рехабилитацията. Тези етапи включват изследване на стабилността на ската и изграждане на насип, система за дренаж на повърхностни води, система за дренаж на газовете, окончателно покритие, изграждане на вентилационни шахти, изграждане на пътища и комини, ландшафтно планиране, изграждане на кладенци за наблюдение и контрол. Въпреки че тези етапи имат известни разлики в различните рекултивационни методи, те съставляват основния процес.

Целта на тази глава е да запознае читателя с методите за рехабилитация и инженерните съоръжения в откритите сметища. В тази посока рехабилитацията на мястото, рехабилитацията след механично разделяне и рехабилитацията чрез прехвърляне на твърди отпадъци в друго депо, като методи за рехабилитация ще бъдат обсъдени в следващите глави. Освен това ще бъдат обяснени и инженерните съоръжения.

3.2. Методи за рехабилитация

В европейските страни няма ясни правила за рехабилитация на открити сметища, които да са установени с нормативни актове. Директивата на Европейския съюз относно съхранението на отпадъци (№: 1999/31/ЕС) определя процедура, която трябва да се извърши за пълно предотвратяване или минимизиране на страничните ефекти от дейностите по съхранение на отпадъци върху околната среда. Местата за съхранение на отпадъци, затворени преди влизането в сила на този регламент, не трябва да отговарят на „критериите за затваряне на депата“, посочени в регламента. Държавите-членки обаче трябва да предприемат мерки в съответствие с Директивата за депонирането на отпадъци на Европейския съюз за депата, които управляват в момента (включително открити сметища). Рехабилитацията на откритите сметища е един от приоритетните въпроси за решаване на екологичните проблеми и обикновено се оставя на инициативата на местните власти. Процесът на рехабилитация на открито сметище е многофакторна система, която включва оценка на състоянието, планиране и формулиране на стъпки за изпълнение. В процеса на рехабилитация системите за контрол на повърхностните води и инфилтратата и

дренажът на газ могат да бъдат изброени като процеси, които трябва да се прилагат и по време на рехабилитацията. Различните рекултивационни методи могат да включват различни стъпки, както и споменатите процеси. Някои рекултивационни процедури могат да включват и други стъпки и процеси в допълнение към изброените. Подходите за рехабилитация ще бъдат разгледани в три ключови области в този раздел.

3.2.1. Рехабилитация на място

Рехабилитацията на място, както подсказва името, може да се определи като рехабилитация на открити сметища в района, където се намират, без да се преместват на друго място. Този метод за рехабилитация предвижда рехабилитация на сметища, които са били изоставени или все още се използват. Приоритетите на този метод за рехабилитация са да се предотвратят проблемите, свързани с миризмата, насекомите и разпространението на болестотворни микроорганизми и да се превърне затвореното сметище в безопасно местообитание на живите същества в природата. Целите, за които може да се използва затворената зона след процеса на рехабилитация, ще бъдат изяснени в Глава 7.

При рекултивационния метод на място процедурите, дадени на фигура 3.1, се извършват последователно. Настоящото състояние се оценява предимно за зоната на сметището, което трябва да бъде рекултивирано. В резултат на тази оценка се определя окончателното състояние на района, неговия геоложки и хидрогеоложки строеж, вида и количеството на съхраняваните отпадъци и се планира как ще приложи процесът на затваряне. След планирането, стабилността на ската и работите по насипването се извършват съответно дренажна система за повърхностни води, дренажна система за инфилтрат, дренажна система за газ, горен изолационен слой, детайли на водостока и пътя, ландшафтен план, кладенци за наблюдение и план за контрол. Тези етапи ще бъдат обяснени подробно в раздела за инженерни приложения.

Данните, получени при определяне на устойчивостта на откоса и границите на площта на отпадъците, разположени на повърхността, са донякъде неточни. Наред с полагането и уплътняването на покривните слоеве, отпадъците в откритото сметище се уплътняват още малко. В процеса на рехабилитация на място не се прилагат други подобрения на отпадъците. Органичните отпадъци в зоната за съхранение продължават да се биоразграждат години след приключване на рекултивационния процес.



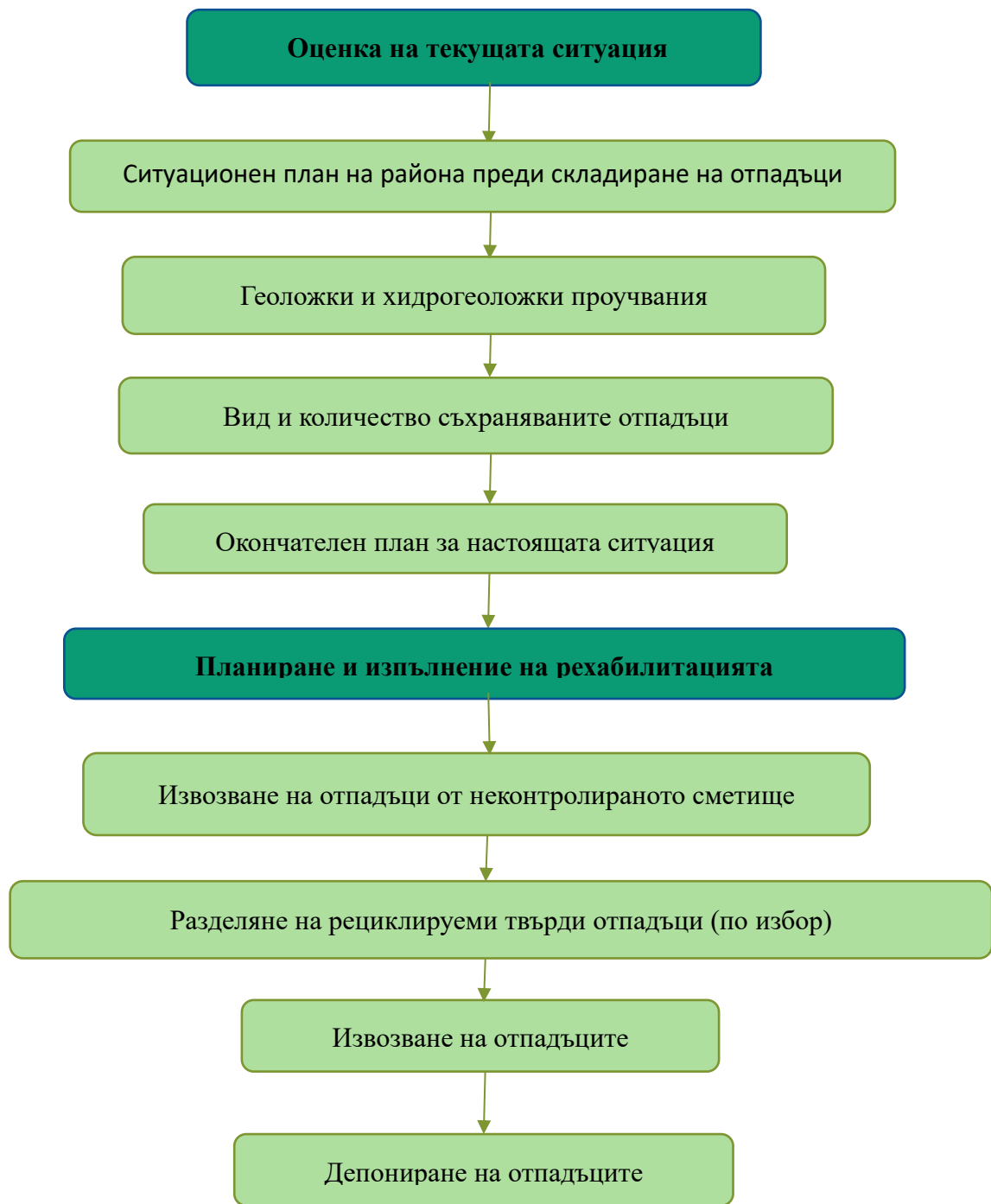
Фигура 3.1. Диаграма за рехабилитация на място.

По време на този процес на разлагане се отделят вода и метищни газове (LFG). Поради тази причина наличието на дренажни системи за инфилтрат и газ в затворено открито сметище е важно, за да не се замърсяват подземните води и да се избегне рискът от пожар и експлозия.

Тъй като откритите сметища по света се експлоатират неконтролируемо в продължение на много години, количеството отпадъци в района и размерът на площта за складиране не могат да бъдат оценени. Поради тази причина рехабилитацията на голяма част от откритите сметища се извършва по метода на рехабилитация на място.

3.2.2. Рехабилитация чрез извозване на отпадъци

В някои случаи рехабилитацията на място на открити сметища не е възможна. В такива случаи рехабилитацията на откритите сметища се извършва чрез извозване на отпадъците от мястото, на което са складирани до санитарните депа. Особено ако количеството на отпадъците е ниско в откритите сметища, методът за транспортиране на отпадъци може лесно да се приложи. Освен това в случаите, когато откритото сметище в екологично чувствителна зона (например специална зона за защита на околната среда), нивото на подпочвени води е високо и в близост има санитарно депо изборът на метода за рехабилитация чрез транспортиране на отпадъците е достатъчно ефективен. И при този метод първата стъпка е да се оцени състоянието на настоящата ситуация. След това отпадъците се прехвърлят в друго депото. По време на извозването могат да се отделят и рециклируемите отпадъци в района. След пълно прехвърляне на отпадъците, в зависимост от състоянието на площадката, върху съществуващата площ се нанася запълващ или покриващ слой. Възстановената площ може да се използва за различни цели. Диаграмата на този метод е показана на фигура 3.2.



Фигура 3.2. Схема на рехабилитация по метода на транспортиране на отпадъци

Както беше посочено по-горе, прилагането на този метод в случаите, когато откритото сметище е малко, количеството на отпадъците е ниско или зоната, която трябва да се прехвърли, е близо до откритото сметище, този метод може да бъде икономически ефективен. Ако зоната, където е установено откритото сметище, е близо до повърхностен или подземен водоизточник, дренажната система за инфилтрат или повърхностна вода трябва да се планира много добре. В този случай извозването на отпадъците би било по-удобно решение, за да не се правят повече финансови вложения. Може да е подходящо да

се използва метод за транспортиране в открито сметище, което е в експлоатация, тъй като разграждането на органичните отпадъци в ново складово пространство до голяма степен си остава непълно. След рехабилитацията и закриването на този вид открито сметище, органичните отпадъци в района продължават да се разграждат биологично. В резултат на разлагането обемът на отпадъците естествено намалява, но това от своя страна предизвиква срутвания в складовата площ. Утаяването в района може да наруши горния покривен слой и да повреди системите за отвеждане на повърхностните води и за дренране на газовете. При такива показания, рехабилитацията чрез транспортиране на отпадъците от откритото сметище до действащо санитарно сметище може да се окаже подходящ вариант.

3.2.3. Рехабилитация след механична сепарация

Рехабилитацията на откритото сметище с помощта на метода на механичното разделяне може да се определи като рехабилитация, извършена при разделяне на рециклируемите отпадъци (като метал, пластмаса, стъкло и горими органични отпадъци) в откритото сметище от почвата и фините частици. Тъй като тук има материално оползотворяване, в литературата е възможно да се срещне терминът "добив на депа" вместо термина "рехабилитация след механично разделяне на рециклируемите отпадъци". При този метод, както и при гореспоменатия, след оценка на настоящата ситуация, отпадъците се изкопават и разделят на определени класове (Фигура 3.3). Елементите, извлечени в резултат на изкопни работи, могат да бъдат класифицирани главно като почвен слой, възстановими отпадъци, метални отпадъци и фини частици. Оценката на рециклируемите отпадъци обикновено се извършва по два начина. При първия метод метални, пластмасови и стъклени отпадъци, които нямат много разграждане и замърсяване, се подлагат на процес на рециклиране. При другия метод всички горими части се използват за производство на енергия след отделяне на металните отпадъци.



Фигура 3.3. Схема на рехабилитация след механично разделяне на рециклируеми отпадъци

Тъй като разходите за прилагане на този метод са високи, осъществяването на печалба от полето трябва да се установи чрез провеждане на пилотни проучвания. Такова проучване за осъществимост беше реализирано в проучването за рехабилитация на откритото сметище във Флорида (Jain et al., 2013). В тази статия е представено, първо, проведеното пилотно проучване на 1 хектар от приблизително 18,2 хектара земя, а след това проведените в пълен мащаб проучвания за рехабилитация на 6,8 хектара. В друго проучване се изпълниха два различни сценария за оползотворяване на рециклируеми отпадъци, като гориво чрез метода за добив на отпадъци в открито сметище в Шри Ланка. Въпреки това се стигна до заключението, че добивът на отпадъци не е подходящ за подобно приложение, тъй като транспортните разходи са повече от печалбата от производството на електроенергия (Maheshi et al., 2015).

3.3. Инженерни приложения

3.3.1. Оценка на текущата ситуация

Преди започване на рекултивационните работи трябва да се изясни настоящето състояние на откритото сметище, което попада в плана за рехабилитация. За планирането на рехабилитацията са необходими: ситуационен план на района преди запълването, геолого-хидрогеоложките проучвания, вида и количеството на съхраняваните отпадъци и окончателен ситуационен план. Тази информация може да даде отговори на много въпроси, които касаят както рекултивационния метод така и определянето на техниките, които да се използват в процеса на рехабилитация.

3.3.1.1. Състояние на площадката преди запълване

Преди започване на работа по рехабилитация на открито сметище е необходима информация за състоянието на земята преди запълването ѝ. Освен това е важно да се знае, за какво е била използвана тя преди да бъде превърната с сметище, както и да се получи информация за целта и критериите, които са прилагани за избор на това място.

Съществуват определени критерии за избор на местоположението на депото при обезвреждане на отпадъци по депонния метод. Първият от тези критерии е площта, която ще се използва като депо, да е достатъчно голяма, за да съхранява отпадъци за 25-30 години.

Друг важен критерий е разстоянието, на което отстои района, в който се събират твърдите битови отпадъци и жилищните квартали. Избраният район не трябва да е много близо до жилищни райони, за да не повлияе неблагоприятно върху здравето на хората и на околната среда, както и да не е толкова отдалеч, че превозните средства за събиране на твърди отпадъци да увеличат прекомерно разходите си за гориво и амортизация.

Освен това трябва да се обърне внимание и на специалните условия на избрания район, като отдалечеността му от земеделски земи, горски територии и специално защитени зони, близостта му до подземни и повърхностни водни ресурси, неговите топографски, геоложки и хидрогеоложки условия, условията, предвиждащи риск от наводнения, свлачища и лавини и преобладаващата посока на вятъра и валежите. Въпреки това, както беше посочено по-горе, тези критерии са валидни при избора на площадка за депо. Но при метода на откритото сметище, което означава безразборно съхранение на отпадъци, повечето от тези критерии не се прилагат на етапа на избор на площадка. Като цяло за място за съхранение се избира яма, където отпадъците могат лесно да се изхвърлят. Не се изследва специална ситуация при избора на открито сметище, а отпадъците се изхвърлят произволно на земя, не много отдалечена от населеното място, за да се улесни пренасянето им. Близостта на депото до жилищните райони влече след себе си не малко екологични и здравословни проблеми. Откритите сметища може да са окажат близо до земеделски площи (Фигура 3.4.a), гори (Фигура 3.4.b) и речни корита. За съжаление, дори линиите на разлома могат да се използват като отворено място за изхвърляне (Фигура 3.4.c).

а.



открито сметище в близост до земеделска площ (лозе до полето)



б. открито сметище в горска зона



в. отворено сметище в границата на разлома

Фигура 3.4. Някои неблагоприятни ефекти от откритите сметища.

Познаването на състоянието на откритото сметище преди запълването му е фактор, който ще допринесе полза на всяка стъпка, приложена по време на рехабилитацията на откритото сметище и ще даде насоки за целите, за които може да се използва зоната след рехабилитация. Поради тази причина рекултивационните дейности трябва да започнат с определяне на състоянието на площта преди запълването ѝ.

3.3.1.2. Геоложки и хидрогеоложки проучвания

Информацията за състава на почвата и водните ресурси под и около откритото сметище, разкрита в резултат на геоложки и хидрогеоложки проучвания, е важна за изчисляване на риска за замърсяването от депото подпочвени води или почвата.

Благодарение на извършените геоложки проучвания на откритото сметище са установени почвените и скални типове в района. Видът на почвените слоеве под обекта показва колко дълбоко може да стигне инфилтратът и кога ще се смеси с подпочвените води. Следователно видът на подпочвения слой влияе върху транспорта както на вода, така и на замърсители. Тъй като пропускливостта на пясъчливата почва е висока, рискът от смесване на инфилтратата с подпочвените води ще бъде по-висок. Въпреки това, глинестата почва има по-ниска пропускливост и по-висок капацитет за улавяне на замърсяване. Подпочвеният тип също влияе върху размера на слягането. Например, слягането не е високо в пясъчливи почви, докато слягането в глинести и торфени почви е по-голямо. Ако подпочвеният слой

на откритото сметище е съставен от глинеста или торфена почва, трябва също така да се има предвид, че може да настъпи известно срутване, когато се нанесе окончателният покривен слой (Mcbean et al., 1995). Поради тези причини е важно да се определи структурата на почвата преди започване на рекултивационните работи.

В геоложките проучвания, в допълнение към структурата на почвата, се получава информация за общите тектонични образувания, гънки, простиране и спадове, оси на гънки, флексури, антиклинали и синклинали и техните оси, затворени структури и техните отворени или затворени посоки, разломи и техните видове, наклон на разломни равнини, и достъпни разломни плъзгачи (DSI 2019). След геоложките проучвания тези данни трябва да бъдат отчетени, обяснени и показани на карта. От пълнотата на тази информация могат да се направят прогнози по въпросите, свързани с компресията на сметищния газ, изтичането на газ и промените в посоката на инфилтратата поради разкъсвания, които могат да възникнат в откритото сметище в резултат на възможно земетресение.

Важни въпроси, които трябва да се вземат предвид, когато се изследва хидрогеоложката структура на даден регион, са климатът на региона и определянето на водните ресурси в близост до него. Данните за валежите, температурата и изпарението в региона могат да се вземат от метеорологичните станции, разположени в близост до откритото сметище. При оценка на тази информация трябва да се изчислят месечните и годишните количества на валежите. С тези данни може да се изчисли и количеството дъждовна вода, което може да се смеси с подпочвените води от повърхността на депото. Както се вижда на фигура 3.5, откритите сметища може да са близо до водоизточници. Друга полза от хидрогеоложките проучвания е идентифицирането на реки, езера и блата, язовири и езера и подземни водни ресурси в близост. Докладите от хидрогеоложки проучвания могат да включват размери, посоки на потока, дебита и предназначението на тези водоизточници. В резултат на оценката на тези данни чрез смесването им с климатичната информация се разкриват месечни и годишни промени във водните ресурси.



Фигура 3.5. Пример за открито сметище в близост до водоизточник

Определянето на нивото на подпочвените води е важен процес за определяне на нивата на замърсяване, които могат да възникнат в подземните води, произхождащи от откритото сметище. В случаите, когато нивото на подпочвените води е близо до дъното на зоната за съхранение, неизбежно е замърсителите, пренасяни от инфилтратата в зоната за съхранение, да се смесват с подпочвените води и да ги замърсяват. Пропускливостта на почвения слой на дъното на зоната за съхранение е важен фактор при определяне на нивото на това замърсяване. Концентрациите на параметрите на замърсяване, измерени чрез вземане на проби от подпочвените води, също трябва да бъдат добавени към доклада за хидрогеоложки изследвания.

3.3.1.3. Вид и количество съхранявани отпадъци

Важна информация на етапа на определяне на статута на откритото сметище са данните за отпадъците, съхранявани в района. Тези данни включват продължителността на използването на сметището, обемът, плътността и масата на отпадъците в зоната за съхранение и видовете отпадъци. Познаването на количеството рециклируеми и органични отпадъци в съхраняваните отпадъци е един от важните параметри, които могат да се използват при определяне на метода за рехабилитация. Например, ако количеството

рециклируеми отпадъци в района е високо, рехабилитацията на откритото сметище може да се извърши по метода на механичното разделяне преди рехабилитация.

Ако откритото сметище се управлява от общинската управа, всяка информация за отпадъците може да бъде получена от съответното звено в общинската администрация. В зоната за съхранение на отпадъци, за която общинската управа не води отчетност, или допуска незаконни сметища, количеството и видовете съхранявани отпадъци се определят по два начина. Първият се основава на метода на оценката. При този метод се определят жилищните райони, които изнасят отпадъците в откритото сметище. Извършва се проучване, което изяснява характеристиката на отпадъците, определят се домакинствата в тези населени места и се изчислява количеството отпадъци, генерирано от един човек. При обследването на характеристиката трябва да се вземат предвид и наличието на чистачи. Количеството отпадъци в зоната за съхранение се изчислява въз основа на количеството генерирани отпадъци на човек и продължителността на използване на откритото сметище. При другия метод, след изчисляване на обема, масата и плътността на отпадъците чрез вземане на проби от определени точки на откритото сметище, може да се проведе изследване за тяхното охарактеризиране. Причината за вземане на проби от различни точки е, че отпадъците имат различни коефициенти на компресия в различните региони и степента на разграждане на органичните отпадъци в откритото сметище се променя в течение на годините. Ако откритото сметище, което ще се рекултивира, е зона, която не е била използвана дълго време, може да се каже, че тази зона може да бъде по-подходящо открито сметище за метод за механично разделяне, тъй като повечето от органичните отпадъци ще са се разложили през времето.

3.3.1.4. Краен ситуационен план

Преди рехабилитацията на откритото сметище трябва да бъде изготвен ситуационен план, съдържащ информацията, която се счита за полезна при планирането и изпълнението на рехабилитацията. В ситуационния план първо трябва да бъдат включени данните за географското местоположение и измерването на повърхността на района. Тази информация може да бъде подкрепена с карти на района, снимки, показващи текущото състояние на мястото и информация за жилищните райони в близост до него. Освен това, трябва да бъдат

изчислени и добавени към плана на площадката дълбочината и обемът на отпадъците. Друг важен фактор е продължителността на експлоатация на откритото сметище и докога се предвижда съхранението на отпадъци в него. Благодарение на тези данни ще може да се определи и количеството сметищен газ, което би се освободило в резултат на разлагането на органични отпадъци в депото, времето за отделяне на газ и количеството инфилтрат. Това ще бъде важна информация при проектирането на системата за събиране на газ и инфилтрат в следващата стъпка.

В текущите планове за ситуацията може също да включи решаването на екологични проблеми. Включването в плана на въпроси, засягащи здравето на хората и опазването на околната среда, като миризма и проблеми с мухите в складовата зона, позволява да се вземат необходимите предпазни мерки по време на рехабилитацията. Освен това, когато се счете за необходимо, могат да се вземат проби от повърхностните или подпочвените води и да се добави към плана наличието на фекални колиформи. Информация за бедствия като земетресения, свлачища, експлозии и пожари в региона също може да бъде добавена към текущия ситуационен план. По време на рехабилитацията трябва да се обърне внимание на изтичането на газ на открито в околната среда, който може да създаде риск от експлозия и пожар.

Тъй като текущите ситуационни планове са документите, които съдържат информацията, необходима още преди започване на работа, всяка друга идентифицирана информация трябва да бъде включена в тях. След изготвянето на ситуационния план, с по-голяма увереност може да се започне рекултивационната работа.

3.3.2. Планиране и изпълнение на рехабилитация

След наблюденията и събирането на информация за откритото сметище се планира рехабилитацията и започват проучванията. Рекултивационният план включва няколко стъпки. Тези стъпки разглеждат важни въпроси, които трябва да се решат, за да бъде безопасна работата в отвореното сметище. Правилното извършване на една стъпка, пряко или непряко засяга следващата. В тази глава ще бъдат разгледани работите по изграждане на стабилност на откоса и насипите, дренажната система за повърхностни води, дренажната система за инфилтрат, дренажната система за газ, окончателния покривен слой, детайли за водостока и пътя, ландшафтния план и кладенците за наблюдение, както и подзаглавията на контролния план.

3.3.2.1. Устойчивост на откоси и изграждане на насип

Тъй като откритото сметище не е подходящ метод за съхранение на твърди отпадъци, формата и размерите на купчината с отпадъци не са ясни. В някои случаи височината на купчината отпадъци е много висока, а понякога откритото сметище е разположено на голяма площ. Поради тази причина, първо, е необходимо да се определят ръбовете на отпадъците в откритото сметище. На Фигура 3.6, как се очертават границите на региона, в чиито рамки трябва да останат отпадъците. След това отпадъците извън тези граници се транспортират в планирана зона.



Фигура 3.6. Определете границата на отпадъците

След този етап мястото за съхранение трябва да бъде подсилено за якост на срязване. На купчината трябва да се даде наклон 3:1, за да се поддържат отпадъците стабилни и да се предотврати изплъзване на крайния покривен слой, който трябва да се нанесе върху тях (Blight, 2008). Пример за тази ситуация е даден на фигура 3.7. Върхът на купчината трябва да бъде плосък, за да не се образуват езера. Горната част на купчината, която ще бъде направена под формата на трапец, може да бъде леко наклонена (най-много 1-3%), за да може дъждовната вода да се оттича.



Фигура 3.7. Транспортиране на отпадъци вътре в границите и наклон на терена.

В някои случаи може да се наложи терасиране на купчината, вместо създаването на единична трапецовидна форма. Това е приложимо, когато височината на отпадъците надвишава 1,5 m или има населено място в близост до площадката, което може да бъде засегнато от свличане, тъй като е трудно да се осигури наклон 3:1 наведнъж. Такова трасиране беше използвано след срутването на откритото сметище Meethotamulla в Шри Ланка (Jayaweera et al., 2019). За да се предотврати допълнително свличане, зоните на откритото сметище, които се намираха в близост до жилищните сгради, бяха терасирани. Същият метод беше приложен след проблема със свличането в откритото сметище Rayatas в град Кесон във Филипините (Jafari et al., 2013). И в двата примера интервенцията е извършена след срутване и случили се свличания в неконтролираните сметища. Рехабилитацията на откритите сметища е от голямо значение за избягване на подобни бедствия.

3.3.2.2. Система за дренаж на повърхностни води

Водата е един от важните параметри, които трябва да се оценяват при изхвърлянето на отпадъци чрез метод на съхранение, както е в много области на живота. Поради тази причина е необходимо да се контролира водният баланс по време на рехабилитацията на откритите сметища. В тях има много входове и изходи, които могат да променят водния

баланс (Фигура 3.8). Тези входове и изходи определят количеството и качеството на инфилтратата. Съдържанието на влага в твърдите отпадъци в зоната за съхранение и малкото количество вода, освободено по време на анаеробното разграждане на отпадъците, увеличават количеството на инфилтратата. Освен тях, източниците, които увеличават количеството инфилтрат извън зоната за съхранение, са просмукването на дъждовна вода, падаща върху отпадъчното тяло, и входящите потоци от подпочвените води към отпадъчното тяло. Изходите представляват частта от валежите, която се изпарява от повърхността и частта, която преминава в повърхностния поток. Чрез съвместна оценка на тези източници може да се изчисли водният баланс в района. Балансът на водната маса в депото за отпадъци е показан в уравнение 3.1 (Worrell et al. 2011). В резултат на събирането на тези данни се избират най-подходящите материали, които могат да бъдат използвани при изграждането на горния изолационен екран, системата за събиране на повърхностни води и системата за събиране на инфилтрат.

$$C = P (1 - R) - S - E \quad (3.1)$$

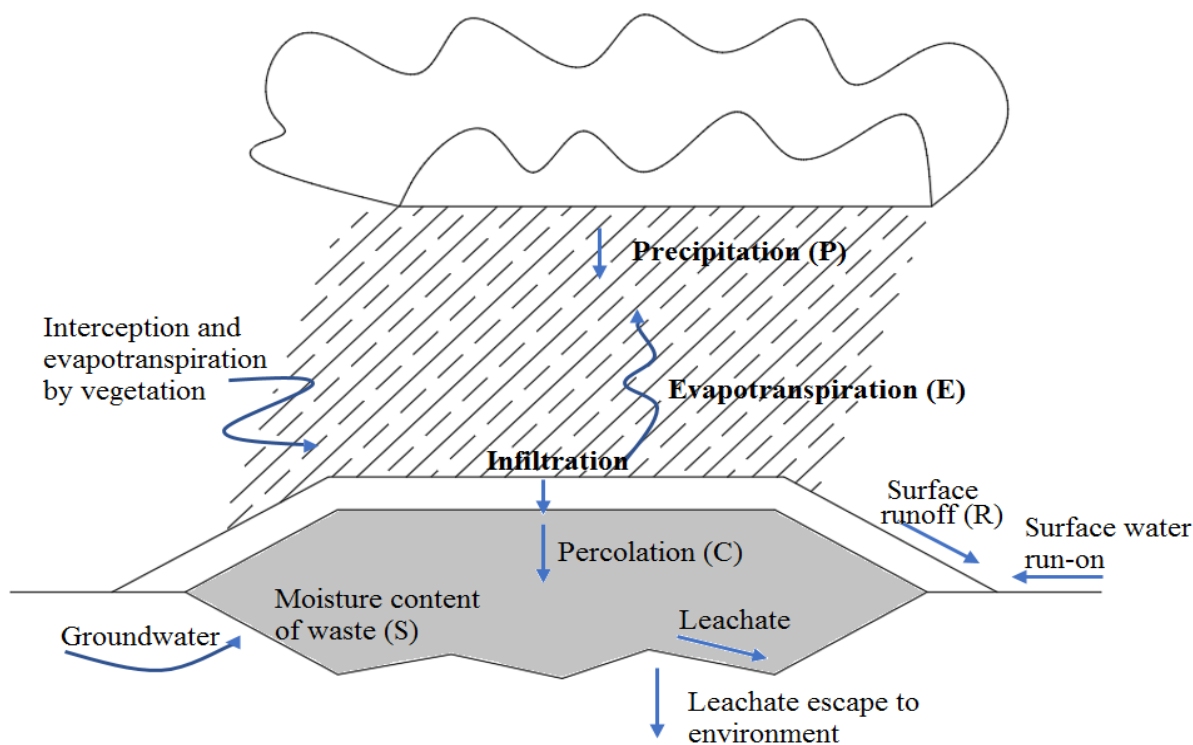
C : общо просмукване в горния слой на почвата, mm/год

P : валежи mm/год

R : коефициент на оттичане

S : съхранение в почвата или отпадъците, mm/год

E : евапотранспирация, mm/год



Фигура 3.8. Схематично представяне на водния баланс в хранилището

За намаляване на количеството инфилтрат, причинен от дъждовната вода в зоните за съхранение на отпадъци, са предприети някои мерки. Те могат да бъдат изброени като улесняващи оттичането на повърхностния поток, чрез увеличаване на наклона на повърхността, намаляване на количеството вода, изтичаща от отпадъчното тяло чрез създаване на непропусклив горен екраниращ слой, блокиране на течовете на вода от повърхността чрез предотвратяване на срутвания и пукнатини в тялото за съхранение.

Един от най-важните фактори, предотвратяващи смесването на повърхностните води в депото с отпадъчното тяло е дренажният слой в горния екраниращ слой. Необходимо е изграждането на дренажен слой за отстраняване на излишната вода от повърхностния слой на почвата, който ще намали водното натоварване върху непропускливия изолационен слой. След като горният почвен слой достигне насищане с валежи, водите преминават в този слой. Благодарение на този дренажен слой, състоящ се от пясък с ниско съдържание на хумус и висока пропускливост, водата, идваща от повърхността, напуска района бързо, без да навлиза в отпадъчното тяло. Ако икономическата ситуация е подходяща, дъждовната вода може да тече от тръбите, направени от HDPE материал, поставени в този слой, към главните тръби, разположени на страничните ръбове чрез привличане. Колекторните тръби

осигуряват извеждането на излишната вода от зоната за съхранение. Водата, постъпваща в дренажния слой, може да се събира чрез наклон на повърхността и без тръби. На страничните ръбове са оформени канали за събиране на дъждовната вода, преминаваща над повърхностния поток (Фигура 3.9).



Фигура 3.9. Канал за събиране на повърхностни води

3.3.2.3. Система за дренаж на инфилтрат

Управлението на инфилтрата в откритото сметище се извършва с помощта на геоложки и хидрогеоложки проучвания, направени преди планирането. Ако е икономически и технически жизнеспособно, тръбите могат да се използват за събиране на инфилтрата в сметищата. Фактори като дълбочина на отпадъците, възраст на отпадъците, топография на района и долния почвен слой се взимат под внимание при създаването на дренажни системи за инфилтрат. В допълнение към тази информация се представят и различни приложения за дренаж на инфилтрата в зависимост от височината на подпочвените води. Предотвратяването на смесването на инфилтрата с подпочвените води е възможно, чрез прилагането на някои методи, като отсечена стена, събирателни тръби или предпазни канавки, които се оформят според посоката на инфилтрата. Инфилтратът, събран в

отпадъчното тяло, се прехвърля в езера за събиране на инфилтрат, изградени на дъното на полето чрез тръби. С тези мерки се предотвратява замърсяването на повърхностните и подпочвените води в близост до откритото сметище, след което събраният инфилтрат може да се третира по биологичен и химичен път. Не е необходимо да се изгражда пречиствателна станция, тъй като образуването на инфилтрат няма да бъде прекомерно след рехабилитация в неконтролираните сметища. Системите за дренаж на инфилтрат ще бъдат обяснени подробно в Глава 4.

3.3.2.4. Система за дренаж на газ

Един от проблемите на откритите сметища са газовете, които се образуват и натрупват в зоната за съхранение. Биогазът, който се образува в резултат на разграждането на органични отпадъци при анаеробни условия в открити сметища, се нарича сметищен газ (LFG). Този газ съдържа приблизително 50-60% метан, 35-40% въглероден диоксид и 3-10% азот. Когато тези газове изтичат извън района по неконтролиран начин, те причиняват различни екологични проблеми и имат особено голям принос за глобалното затопляне. В резултат на натрупването и компресиране на газове и смесването им с въздуха, с различна скорост, в складовата зона се появява риск от експлозии и пожари. Газовете от сметищата предизвикват експлозия, когато се смесят с въздух при скорост от 5-15%, и пожар, когато се смесят с по-висока скорост. Както бе споменато в глава 1, експлозията в откритото сметище Ümraniye-Nekimbaşı (Иstanbul, Турция) през 1993 г. може да бъде дадена като пример в такава ситуация (Kocasoy & Curi, 2000). За да се избегнат подобни проблеми, в откритите сметища трябва да бъдат инсталирани системи за дренаж на газ.

Количеството LFG варира в зависимост от количеството органични отпадъци в зоната за съхранение и периода на съхранение. Системата за дренаж на газ, която включва системите за събиране и транспортиране на газ, се създава в непропускливия слой. Колекторните тръби се поставят в непропускливия слой, за да се осигури контролирано събиране на газа. В случаите, когато очакваното количество газ през настоящата и следващите години е високо, тази система се поддържа чрез вертикални комини за събиране на газ. Събраният газ, в зависимост от ситуацията, се изгаря с автоматична факелна система или се транспортира до съоръжение за генериране на енергия. Системите за дренаж на газ ще бъдат обяснени подробно в глава 4.

3.3.2.5. Горен екраниращ слой

Информация за източника на инфилтрат в складовете е дадена в раздел „Система за дренаж на инфилтрат“. Последният горен екраниращ слой, предназначен да предотвратява изтичането на дъждовна вода чрез инфилтрация, ще бъде обяснен в този раздел. Дизайнът на крайния горен слой играе основна роля в промяната на водния баланс на откритото сметище.

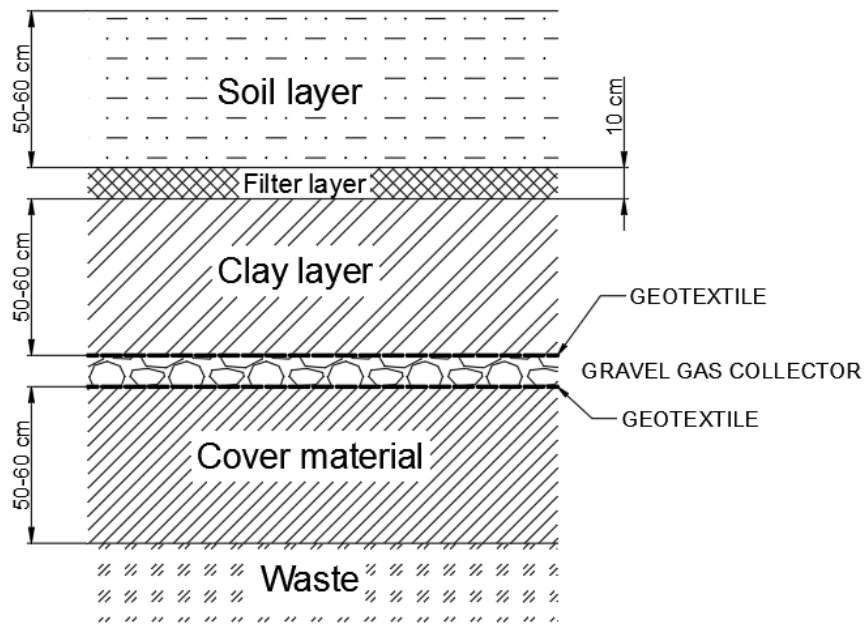
Използването на крайния горен екраниращ слой позволява проектирането на дренажни и пречиствателни системи за инфилтрат да се коригират за по-ниски дебети, чрез намаляване на количеството инфилтрат и позволява на системата да работи устойчиво в продължение на много години без влошаване. Някои фактори трябва да бъдат взети под внимание при създаването на последния горен покривен слой. Дизайн, направен без да се обръща внимание на тези фактори, намалява времето за използването на покритието и носи загуба на пари и време. При рехабилитацията на неконтролирани сметища лошият краен горен слой също означава неуспешна рехабилитация. Поради тази причина е необходимо да се вземат предвид факторите, влияещи върху здравината на крайния горен екраниращ слой. Материалът, който ще се използва в крайното покритие, наклонът, количеството материал, което ще се използва, и дебелините на слоя са фактори, които влияят на крайния покривен слой. Друг важен компонент е да се осигури подходяща стабилност, така че да не причинява ерозия. Освен това трябва да се оцени количеството на валежите, които ще паднат върху района в бъдеще, и да се установи дали местата, където ще бъде насочена водата, движеща се през повърхностния поток, са подходящи. При проектирането на покривния слой трябва да се направят необходимите контроли, така че да може да се използва в продължение на много години, без да се изискват други дейности. В допълнение трябва да се изготви и анализ на разходите, за да се определи най-подходящият краен горен екраниращ слой.

Би било по-приемливо към крайния горен екраниращ слой да се нанесат други слоеве, които служат за определени цели, вместо да се прилага като единствен. Повърхностният слой, идеален за отглеждане на растения, и хидравличната бариера са два вида от тези слоеве. Слойт на хидравличната бариера, от друга страна, може да бъде съставен от слоеве като филтър, дренаж и непропускливи слоеве. Таблица 3.1 изброява целите, за които се използват тези слоеве.

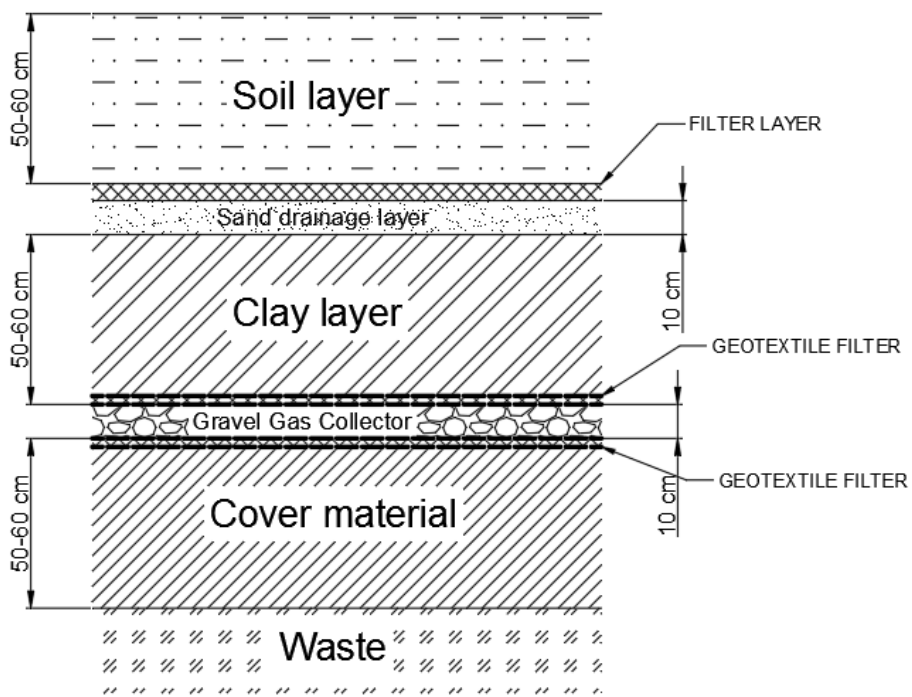
Таблица 3.1. Основната роля на различните слоеве в покритието на депото

Тип слой	Компоненти на слоя	Основна роля
Повърхностен слой	Почвен слой	Тъй като е подходящ за отглеждане на растения върху него, той осигурява развитието на корените и капацитетът за задържане на вода, намалява се инфилтрацията и ветровата ерозия.
	Филтриращ слой	Той предотвратява смесването на почвения слой и пестицидите, идващи от повърхността, с дренажния слой.
Хидравличен бариерен слой	Дренажен слой	Позволява водата, идваща от повърхността, бързо да напусне системата.
	Непропусклив слой	Чрез образуването на непропусклив слой се предотвратява изтичането на вода в отпадъчното тяло и също така се помещава системата за събиране на газ.

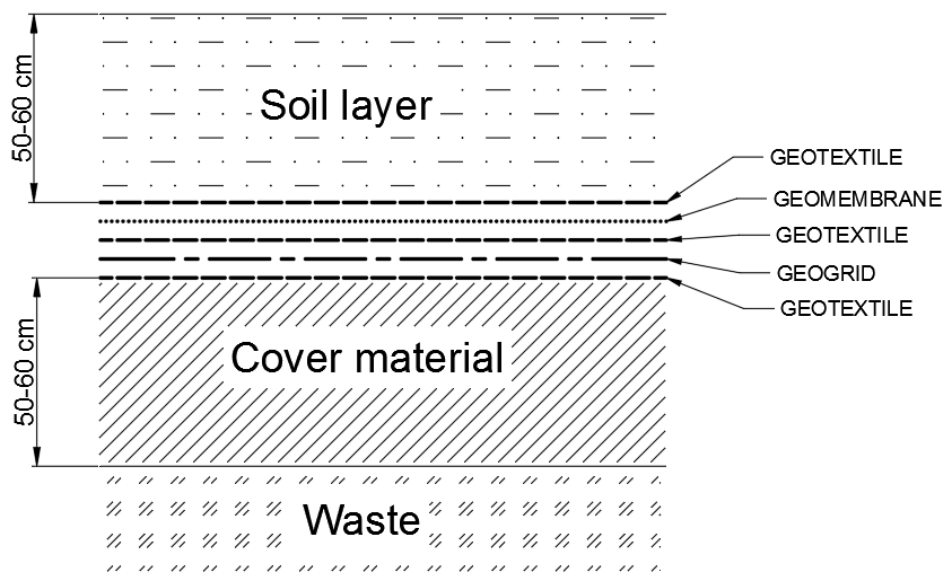
За целите, посочени в Таблица 3.1, няма специфични стандарти за избора, дебелината и количеството на материала, който да се използва в слоевете, а комбинацията е оставена изцяло на преценката на проектанта. На фигури 3.10 са дадени различни примери за комбиниране на тези слоеве. Както се вижда от фигурите, почвата, подходяща за отглеждане на растения, винаги трябва да се използва в горния слой. Растенията, засадени в земята, пускат корените си, правейки земята по-здрава и я предпазват от ерозия. Не трябва обаче да се използват растения с много дълбоки корени. Фигура 3.10.a показва прост дизайн на горния капак. Тук дренажният и филтърният слоеве са показани, като един слой. Като дренажен слой под глинестия слой може да се използва слой от геотекстил и чакъл. Подходящ слой за събиране на газ е непропускливият слой и той често се използва с подобно предназначение. Фигура 3.10.b е малко по-подробна версия на Фигура 3.10.a, където дренажният и филтърният слой са разделени, а непропускливият слой е подсилен. На фигура 3.10.c непропускливостта е осигурена чрез геомембрана, филтрирането е осигурено с геотекстил и е създадена среда, подходяща за събиране на газ с георешетка (Министерство на околната среда, урбанизацията и изменението на климата на Република Турция, 2014 г.).



(a)



(b)



(c)

Фигура 3.10. Примери за краен покриващ слой

3.3.2.6. Подробности за водостоците и пътя

Чертежите за всички технически операции, които трябва да се извършат на полето, трябва да бъдат описани по време на планирането на рехабилитацията. За да се избегне объркване във фазата на изпълнение, е важно във фазата на планиране да се определят всички видове транзакции. Плановете за водостоците, които ще се използват за отстраняване на инфилтратата и повърхностните води от района, също трябва да бъдат направени преди започването на работата. Тъй като пластове, които ще се използват в горния екраниращ слой, също ще повлияят на количеството вода, което ще се образува, размерите на водостоците трябва да бъдат съответно коригирани. Каналът, който ще се използва за отстраняване на инфилтратата от зоната, трябва да бъде оразмерен в съответствие с очакваното количество инфилтрат и трябва да бъде с достатъчни размери и капацитет. Ако се изгражда басейн за събиране на инфилтрат, водостоците се свързват с рекултивираното сметище. В случаите, когато в плана няма басейн, водостоците позволяват свързването на водата към най-близката канализационна мрежа.

Важно е пътят, който ще се използва за достъп до откритото сметище, да бъде осигурен преди започване на работата, така че работните машини, които ще се използват в процеса, да могат лесно да пристигат до площадката и да извършват дейностите в района. Настилката на пътя трябва да е здрава, така че да не се поврежда лесно от тежки машини, преминаващи по него. Може да се използва уплътнена почва или асфалт в зависимост от икономическата

ситуация. Пътят, който ще се изгражда, трябва да е достатъчно голям, за да позволява взаимното преминаване на най-малко две превозни средства. Тъй като регионът ще бъде посетен с цел контрол и ще се използва в случай на потенциална заплаха след приключване на работите, този път трябва да бъде планиран по такъв начин, че намесата да бъде възможно най-лесна.

3.3.2.7. Ландшафтен план

Откритите сметища могат да се използват като зелени площи, зони за отдих или строителни зони след рехабилитацията. Целта, за която ще се използва площадката, трябва да бъде ясно определена още на етапа на планиране на рехабилитацията. Например, ако се планира изграждане на строително съоръжение на обекта, не би било подходящо да се използват мембранни конструкции в горния покривен слой. Най-печелившите и подходящи методи за оценка на рекултивирани складови площи са зелени площи или превръщането им в места за отдих. И за двете цели площта трябва да бъде засадена. Изборът на растения е много важен на този етап. Въпреки че засаждането на тази площ с тревни или ливадни растения не представлява проблем, необходимо е да се внимава при избора на дървета, които ще бъдат засадени в тази зона. Не трябва да се засаждат растения с дълбоки корени, тъй като те могат да пробият изолационния слой и да доведат до проникване на повърхностна вода в резервоара. Подходящи са растения, характерни за флората на района, тъй като техните корени могат да останат в последния покривен слой, който осигурява среда за растеж на растенията.

3.3.2.8. Наблюдателни кладенци и контролен план

Поддръжката, мониторингът и контролът на откритото сметище, чиято рехабилитация е приключила, трябва да се извършват от съответните органи за определен период. Някои от факторите за дейностите по поддръжка, наблюдение и контрол могат да се променят в зависимост от състоянието на зоната за съхранение. Тези фактори са дадени по-долу:

- Газоотвеждащата система и горивната инсталация, ако има такава, трябва да се поддържат.
- Ако сметищният газ се обработва след събирането му, тези системи трябва да се поддържат.
- Качеството на събрания газ също трябва да се следи непрекъснато.
- Поддръжката на дренажната система за инфилтрат трябва да се извършва редовно.

- Контролът на качеството на инфилтрат трябва да се извършва чрез вземане на проби от басейна в района на редовни интервали.
- Ако има пречиствателна станция за инфилтрат или система за пренос, трябва да се гарантира, че те се проверяват и поддържат редовно.
- Качеството на водите да се проверява чрез вземане на проби от повърхностните води около депото.
- Трябва да се изградят наблюдателни кладенци за подземни води, за да се следи дали има замърсяване в района.
- И накрая, трябва да се анализират проблемите, които могат да възникнат в горните покривни слоеве на площадката, както и възможните свличания и срутвания.

Литература

- Blight, G. (2008). Slope failures in municipal solid waste dumps and landfills: a review. *Waste Management & Research*, 26, 448–463. <https://doi.org/10.1177/0734242X07087975>
- Jafari, N. H., Stark, T. D., & Merry, S. (2013). The July 10 2000 Payatas Landfill Slope Failure. *International Journal of Geoengineering Case Histories*, 2(3), 208–228. <https://doi.org/10.4417/IJGCH-02-03-03>
- Jain, P., Townsend, T. G., & Johnson, P. (2013). Case study of landfill reclamation at a Florida landfill site. *Waste Management*, 33(1), 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.011>
- Jayaweera, M., Gunawardana, B., Gunawardana, M., Karunawardena, A., Dias, V., Premasiri, S., Dissanayake, J., Manatunge, J., Wijeratne, N., Karunarathne, D., & Thilakasiri, S. (2019). Management of municipal solid waste uncontrolled dumps immediately after the collapse: An integrated approach from Meethotamulla uncontrolled dump, Sri Lanka. *Waste Management*, 95, 227–240. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.019>
- Republic of Turkey Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, (2014), The guide of the landfill operation.
- Kocasoy, G., & Curi, K. (2000). the Umraniye-Hekimba \$ I open dump site Accident. April 1994, 305–314.
- Maheshi, D., Steven, V. P., & Karel, V. A. (2015). Environmental and economic assessment of “open waste dump” mining in Sri Lanka. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.004>
- Worrell, W. A., Vesilind, P. A. (2011), Solid waste engineering, Publisher: Global engineering