

**А.М.ГАЛЬПЕРИН
В.ФЁРСТЕР
Х.-Ю.ШЕФ**

ТЕХНОГЕННЫЕ МАССИВЫ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Рекомендовано Государственным комитетом
Российской Федерации по высшему образованию в
качестве учебника для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению "Горное
дело"*

УДК 622.88

А.М.Гальперин, В.Фёрстер, Х.-Ю.Шеф. Техногенные массивы и охрана окружающей среды. — М.: Издательство московского государственного горного университета, 1997 — 534 с.

Спонсор издания — Московский государственный горный университет

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Мироненко В.А. — член-корр. РАН, д.г.-м.н., профессор С.-Петербургского горного института

Зотеев В.Г. — зав. кафедрой охраны геологической среды УГ-ГГА, д.т.н., профессор, лауреат Государственной премии

Описывается воздействие на окружающую среду различных видов техногенных массивов, создаваемых в горно-технической практике - отвальных насыпей, гидроотвалов и хвостохранилищ. Излагаются вопросы мониторинга техногенных массивов.

Освещаются вопросы обеспечения защиты окружающей среды, формулируются исходные положения к оценке и изучению техногенных массивов, рассматриваются старые техногенные нагрузки и свалки.

В приложении приводится перечень природоохранных законодательных актов, действующих в России и ФРГ.

Учебник предназначен для обеспечения дисциплин «Экология» и «Геомеханика» при подготовке бакалавров технических наук по направлению «Горное дело», а также инженеров и магистров, специализирующихся в области горной экологии.

ISBN 5-7418-0075-0

© А.М.Гальперин, В.Фёрстер, Х.-Ю.Шеф.

A.M.GALPERIN

W.FÖRSTER

H.-J. SCHAEF

TECHNOGENE ABLAGERUNGEN UND UMWELTSCHUTZ



VERLAG DER MOSKAUER STAATLICHEN BERGBAU UNIVERSITÄT

MOSKAU • 1997

A.M.Galperin, W.Förster, H.-Ju.Shaef. Technogene Ablagerungen und Umweltschutz. - Verlag der Moskauer Staatlichen Bergbau Universität. Moskau, 1997. - 532 s.

Es wird die Einwirkung von verschiedenen Arten der im Bergbau geschaffenen technogenen Ablagerungen (Schüttungen, Spül- und Rückstandskippen) auf die Umwelt, beschrieben. Es werden Fragen ihrer geökologischen und geomechanischen Überwachung dargelegt. Es werden Fragen der Sicherung des Umweltschutzes beleuchtet, Ausgangsthesen zu ihrer Beurteilung und zu Forschungsaufgaben zum Problemkreis technogener Ablagerungen formuliert sowie Altlasten- und Deponieprobleme dargestellt. In der Anlage wird die Liste der in Russland und in der BRD gültigen Gesetzlichkeiten zu ökologischen Fragestellungen des Themas aufgeführt. Das Lehrbuch ist für die Fachrichtungen «Ökologie» und «Geomechanik» bei der Ausbildung von Bachelors der technischen Wissenschaften in der Fachrichtung «Bergbau» und von Ingenieuren und Magistern auf dem Gebiet der Bergbauökologie bestimmt.

A.M.Galperin, W.Förster, H.-Ju.Shaef. Man-made massives and environmental protection. - Publishing House of Moscow State Mining University, Moscow, 1997. - 532 p.

The text-book deals with the influence on the environment of various types of man-made massives created in mining practice i.e. dumps, hydraulic dumps and tailings storages. The principal approaches for the evaluation and study of such massives are developed, the old contaminated sites and scrap-heaps are examined and analysed. The problems of monitoring the man-made massives are also treated for ensuring environment protection measures. The supplement contains list of nature protection legal acts valid in Russia and Germany. The educational material is intended to provide such as «Ecology» and «Geomechanics» for training Bachelors of Technical Sciences in the domain of mining as well as engineers and Masters of Tech. Sc. specializing in the field of mining ecology.

| ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	10
РАЗДЕЛ I. ТЕХНОГЕННЫЕ МАССИВЫ В ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ.....	16
<i>Глава I. НАСЫПНЫЕ МАССИВЫ.....</i>	<i>16</i>
1. Общие сведения.....	16
2. Породные отвалы угольных шахт и солеотвалы.....	39
3. Устойчивость и уплотняемость системы «насыпь-основание».	51
4. Геомеханическое обоснование подготовки территорий отвалов для последующего использования	83
5. Рекультивация насыпных массивов	111
6. Применение горных технологий при формировании хранилищ отходов городского хозяйства	134
<i>Глава II. НАМЫВНЫЕ МАССИВЫ.....</i>	<i>142</i>
1. Общие сведения.....	142
2. Направленное изменение состояния намывных массивов.....	151
3. Рескультивация гидроотвалов и хвостохранилищ.....	182
<i>Глава III. ГЕОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩ</i>	<i>203</i>
1. Общие сведения.....	203
2. Информационное обеспечение геоэкологической оценки горнопромышленных отходов	212
3. Анализ результатов геохимических исследований хвостохранилищ	229
<i>Глава IV. МОНИТОРИНГ ОТВАЛЬНЫХ МАССИВОВ</i>	<i>248</i>

1. Геоэкологический контроль	248
2. Геомеханический контроль	262
Литература к разделу I.	281
 <i>РАЗДЕЛ II. СТАРЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ НАГРУЗКИ</i>	294
 <i>Глава V. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</i>	294
1. Понятия и определения	294
2. Правовые аспекты	298
3. Мероприятия по обнаружению и очистке техногенных мас- сивов	301
4. Паспортизация старых нагрузок	303
 <i>Глава VI. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЗАРАЖЕНИЯ</i>	308
1. Общие сведения	308
2. Свойства и объем вредных веществ	309
3. Критерии оценки опасности заражения	318
4. Методы исследования «старых нагрузок»	335
5. Мероприятия по охране труда при работах на загрязненной местности	353
 <i>Глава VII. ОЧИСТКА ОСТАТОЧНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ</i>	363
1. Предварительные сведения	363
2. Освоение и защита от старых нагрузок	364
3. Методы очистки	367
4. Контроль очистки старых загрязнений	391
5. Затраты и финансирование	393
 Литература к разделу II	399

РАЗДЕЛ III. НАЗЕМНЫЕ СВАЛКИ	407
Глава VIII. ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	407
1. Введение	407
2. Основные направления складирования и переработки отходов..	411
3. Экологический тест	415
4. Классификация свалок	419
Глава IX. СТРОИТЕЛЬСТВО СВАЛОК	425
1. Конструктивные принципы	425
2. Обработка отходов при их хранении	442
3. Геотехнические характеристики наземной свалки	447
4. Изоляция поверхности, дегазация	460
5. Мероприятия по контролю	476
6. Эксплуатация свалки	479
7. Обеспечение качества при строительстве и очистных работах	480
8. Рекультивация и воссоздание ландшафта	485
9. Защитные и очистные мероприятия для старых свалок	486
Литература к разделу III	526
ПРИЛОЖЕНИЯ	493
1. Перечень российских (союзных) нормативных актов, действующих в сфере обращения с отходами производства и потребления	493
2. Перечень действующих в ФРГ основных законов, норм и предложений в области переработки и складирования отходов..	499
3. Паспортизация «старых нагрузок»	500
4. Объекты, подозреваемые в создании «старых нагрузок» и перечень возможных вредных веществ	514
5. Тесты на содержание различных веществ в почве и грунтовых водах для заселенных территорий и мест забора питьевой воды (Голландский список)	518

| ПРЕДИСЛОВИЕ

В структурном отношении окружающая среда представляет собой шестикомпонентную материальную систему, включающую атмосферу, гидросферу, геологическую среду, почву, растительный и животный мир.

Взаимоотношения окружающей среды с организмами растительного и животного мира изучает экология, основными вопросами которой являются оценка влияния среды на организмы, изменения численности организмов в зависимости от условий среды, внутривидовые и межвидовые отношения организмов. Экологическая система - это единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой обитания, в которой все компоненты связаны между собой обменом веществ и энергии.

Выделяют следующие экологические факторы, действующие на живые организмы: физико-химические (абиотические) - климатические, почвенно-грунтовые, орографические, гидрологические; биотические - микроорганизмы, растения и растительные сообщества, животные; антропогенные. В современных условиях действия экологических факторов определяются, в основном, изменениями, вносимыми в природную обстановку человеком.

По Е.М. Сергееву, в понятие «геологическая среда» объединяются горные породы и почвы верхней части литосферы, которые рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека. В результате этой деятельности изменяются природные геологические процессы и возникают новые антропогенные процессы, что в свою очередь вызывает изменение инженерно-геологических условий территории. Четыре компонента геологической среды - горные породы, подземные воды, природные газы, микроорганизмы, в естественных и нарушенных условиях постоянно находятся во взаимодействии, формируя динамическое равновесие. Верхней границей геологической среды является поверхность земли, нижнюю обычно проводят условно, она определяется глубиной промышленной отработки месторождений полезных ископаемых, измеряемой несколькими километрами. Совокупность природных геологических объектов и окружающей их среды составляет геозкосистему. Процессы изменения геологической среды, вызываемые воздействием техники на природные объекты называют *техногенезом*.

В настоящее время происходит становление новой междисциплинарной науки о Земле - геозкологии, которая изучает геосферные

оболочки Земли как компоненты окружающей среды и минеральную основу биосферы и происходящие в них изменения под влиянием природных и техногенных факторов. В.И. Осипов отмечает комплексный характер геозоологических проблем и необходимость интеграции геологии, географии, геофизики, почвоведения, геохимии, горных наук в единую систему знаний о геологической среде. Основными задачами геозоологии являются анализ изменений геосфер под влиянием природных и техногенных факторов, рациональное использование водных, земельных, минеральных и энергетических ресурсов Земли, снижение ущерба окружающей среде от природных и природно-технических катастроф и обеспечение безопасного проживания людей.

В одной из своих последних публикаций В.В. Ржевский отмечал: «К особым обязанностям «корпуса горных инженеров» относится требование комплексного использования недр, соблюдение экологического равновесия, удовлетворение потребности народного хозяйства при общем минимуме отвода земли для горных работ». По мнению Л.А.Пучкова, названную совокупность проблем целесообразно определить как «горное дело и окружающая среда». В качестве принципиальной модели развития горного дела может быть принята модель «устойчивого развития», под которым понимается развитие, улучшающее качество жизни человека в рамках физических ограничений поддерживаемых экосистем. Это определяет достижение удовлетворения потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности для будущих поколений. Этика устойчивой жизни означает, что нации должны быть консервативны в действиях, наносящих ущерб окружающей среде, оперативно изучать эффект таких действий и быстро учиться на собственных ошибках.

Подобный подход объясняется глобальным характером воздействия человека на окружающую и, в частности, на геологическую среду. По имеющимся данным, общее количество перемещенной на планете горной массы превышает 100 миллиардов тонн. Результатом такого воздействия является образование техногенных массивов – искусственно сформированных в природном ландшафте геологических тел, представленных горными породами, отходами обогащения, золами, шлаками, шламами. Размеры земельных отводов крупнейших ГОКов измеряются тысячами гектаров отчуждаемых и нарушаемых земель. Разработка месторождений сопряжена также с потерями ценных компонентов в недрах при некомплексной переработке добытого минерального сырья.

В процессе обогащения руд в настоящее время теряется более трети олова и около четверти железа, вольфрама, молибдена, окиси калия. Совершенствование технологических процессов обогащения позволяет рассматривать техногенные массивы как месторождения различных видов минерального сырья.

К числу негативных последствий формирования техногенных массивов следует отнести ухудшение состояния атмосферы, сокращение площадей земель, пригодных в большинстве случаев для сельскохозяйственного пользования, изменение природного ландшафта и загрязнение почвенного покрова, развитие эрозионных процессов, изменение состояния и свойств горных пород, слагающих основания техногенных массивов, а также гидрологического и гидрогеологического режима района, возникновение горногеологических процессов и явлений, носящих порой катастрофический характер. Необходимой предпосылкой разработки экологически безопасных технологических решений по формированию техногенных массивов является учет физико-географических, геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических факторов, определяющих состояние и характер возможного изменения геологической среды.

К характерным инженерно-геологическим особенностям насыпных техногенных массивов и их оснований относятся: нарушенность структуры пород в теле насыпи, обуславливающая снижение прочности по сравнению с естественным залеганием; фракционирование пород и самовыполаживание откосов; существенное изменение прочности пород насыпей во времени - сопротивление сдвигу увеличивается в связи с уплотнением или снижается при увлажнении пород насыпи и основания; возникновение в водонасыщенных глинистых породах насыпей и их оснований порового давления, способствующего развитию оползней различных типов.

Влияние на окружающую среду намывных сооружений, в которых складываются сотни миллионов кубических метров отходов обогащения полезных ископаемых, носит региональный характер. Намывные горнотехнические сооружения являются объектами повышенной экологической опасности с учетом возможностей загрязнения воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенного покрова на обширных территориях. При традиционной технологии намыва во внутренних зонах гидроотвалов и хвостохранилищ формируются мощные (до 50-100 м) толщи тонкодисперсных материалов, находящихся в течение десятилетий в неуплотненном состоянии, что определяет их низкую несущую способность и исключает возможность использования намывных территорий. Водо-

насыщенные слабоуплотненные массивы могут создать угрозу затопления прилегающих площадей, слабая водоотдача тонкодисперсных отложений обуславливает медленный водооборот и потребность в значительных дополнительных объемах воды для подпитки гидроустановок.

Специфический вид техногенного массива представляют свалки промышленных и бытовых отходов, количество которых в мире ежегодно возрастает. Так, во Франции ежегодно образуется 50 млн. т промышленных и 26 млн. т бытовых отходов; в 1992 г. количество твердых бытовых отходов (ТБО) составило 360 кг/чел. против 220 в 1960 г.; в Италии - 50 млн. т промышленных отходов, свыше 100 млн. т сельскохозяйственных отходов, около 1 млн. т сухих отходов поступает со станций очистки городских сточных вод и около 18 млн. т твердых бытовых отходов.

В современной Германии количество бытовых отходов оценивается в 28 млн. тн/год и их общее количество совместно с промышленными отходами должно составить около 400 млн. тн/год. В стране действует 5000 свалок промышленных отходов, в том числе 900 для отходов, содержащих токсичные и вредные вещества, 1200 оборудованных и контролируемых и около 1000 нелегальных («диких») свалок бытового мусора. ФРГ ныне приходится удалять около 40 млн. т бытового и подобного ему мусора различных предприятий, 250 млн. т строительного мусора и примерно 50 млн. т коммунальных осветленных шламов. К этому добавляется еще 50 млн. т промышленных отходов. Промышленные отходы складировются также в специальные отвалы. Наибольшей «известностью» пользуются солеотвалы калийного производства. Значительную опасность для окружающей среды представляют также отвалы и в других горнопромышленных отраслях, что связано с процессами выщелачивания вредных веществ. Общим недостатком подобных объектов является отсутствие эффективных мер по защите вод от загрязнения.

Мощными источниками загрязнения окружающей среды в России являются свалки бытовых и промышленных отходов. Лишь в Москве вырабатываются ежегодно свыше 2,5 млн. т бытовых отходов, из которых 90% вывозится на свалки, размещаемые в отработанных карьерах стройматериалов, понижениях рельефа или неиспользованных пригородных территориях.

Проблемы экологически безопасного складирования твердых бытовых отходов и отходов горного производства имеют много схожих черт, определяющих общность таких геомеханических задач, как оценка устойчивости откосных сооружений, прогноз уплотнения техногенных массивов и их оснований, деформации

(трансформации) слабопроницаемых отложений, экранирующих источники загрязнения. Общими для этих объектов являются также вопросы разработки эффективных мероприятий по восстановлению нарушенных территорий и дальнейшего их использования.

Необходимым условием успешной эксплуатации недр и защиты окружающей среды является законодательная база, развитию которой в России уделяется в последнее время много внимания. Перечень основных нормативных актов, принятых в нашей стране, приведен в приложении 1.

В России практически не осуществляется обучение специалистов-технологов по экологически безопасному складированию отходов. В Германии, где проблема загрязнения окружающей среды является не менее острой, чем во многих регионах России, в техническом университете «Фрейбергская горная академия» (ФГА) уже в течение ряда лет под руководством профессора В.Фёрстера подготавливаются инженеры по направлению «Гесотехника и охрана окружающей среды».

В настоящей книге предпринята попытка обобщения разрозненной информации в чрезвычайно сложной области складирования отходов горной промышленности и городского хозяйства.

Раздел I «Техногенные массивы в горнотехнической практике» посвящен проблемам формирования, геомеханического обеспечения экологической безопасности и рекультивации массивов насыпных и намывных массивов отвалов и хвостохранилищ. Здесь также рассматриваются возможности применения горных технологий при наземном складировании (захоронении) городских отходов, геолого-экологические аспекты изучения хвостохранилищ как техногенных месторождений и вопросы мониторинга отвальных массивов.

Во втором разделе «Старые техногенные нагрузки» приводятся новые для российского читателя материалы, включающие преимущественно германские концептуальные подходы к оценке техногенных воздействий на окружающую среду, анализу эффективности законодательных актов и нормативных документов, оценке опасности заражения и ликвидации последствий техногенеза (очистки от остаточных загрязнений).

Раздел III «Наземные свалки» посвящен актуальным проблемам формирования городских свалок различных видов. Здесь рассматриваются основные направления складирования и переработки отходов, принципы экспертных оценок и классификации свалок, а также различные аспекты экологически безопасного формирования этих специфических техногенных массивов.

В книге предисловие и раздел I написаны проф. А.М. Гальпериным с участием его сотрудников (МГГУ), раздел II – проф. В. Фёрстером (ФГА) и раздел III – д-ром Х.-Ю.Шефом (ФГА).

Перевод разделов II и III с немецкого на русский язык выполнен Е.А. Гончарук, старшим преподавателем кафедры иностранных языков МГГУ. В написании раздела I принимали участие сотрудники кафедры геологии МГГУ доц. В.С.Зайцев (глава I, п.1, глава II, п.1, глава IV, п.1), ст.н.с., к.т.н. Ю.В.Кириченко (глава I, п.5, глава IV, п.1), доц. В.В.Мосейкин (пп. 1,2 главы III, п.3 главы III совместно со ст.н.с., к.т.н. Г.П.Бедриной), доц. Л.Н.Ларичев (глава IV, п.2).

Большая работа по подготовке книги к опубликованию проведена доц. В.С.Зайцевым, инж. В.П. Зервандовой и А.Х. Саркисяном. Упомянутым коллегам и Е.А. Гончарук авторы выражают глубокую признательность.

Авторы надеются, что учебник, освещающий российский и зарубежный опыт депонирования отходов, будет полезен при подготовке студентов-горняков, а также специалистов нового профиля, определяемого реальным состоянием горной промышленности и городского хозяйства России.

Раздел 1 ТЕХНОГЕННЫЕ МАССИВЫ В ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

ГЛАВА 1

| НАСЫПНЫЕ МАССИВЫ

1. Общие сведения.

К насыпным грунтам относят возникающие в ходе инженерной деятельности образования, которые согласно ГОСТ 25100-82 «Грунты. Классификация» разделяют на грунты природного происхождения с нарушенной естественной структурой, минеральные отходы промышленных производств, твердые бытовые отходы.

Интенсивное накопление и образование насыпных грунтов связано, в первую очередь, с разработкой месторождений полезных ископаемых и последующей переработкой (обогащением) извлекаемого минерального сырья. В пределах бывшего СССР ежегодно складировалось около 5 млрд. т вскрышных пород, 700 млн. т хвостов обогащения и 150 млн. т золы, из них утилизировалось в целом не более 2-4%. Только на карьерах КМА объем вскрышных пород составляет почти 80 млн. м³ в год, из них используется менее 15%. При современной технологии, выплавка 1 т чугуна сопровождается образованием в среднем 1,2 т отходов обогащения и 0,9 т золы, 1 т меди – соответственно 4,2 и 30 т, получение 1 т золота связано с переработкой приблизительно 23 млн. т горной массы. Ожидается, что к 2000 г. произойдет 3-х кратное увеличение добычи сырья по сравнению с 1970 г. при предполагаемом росте населения менее, чем в 2 раза. По ориентировочной оценке, объем насыпного грунта в горнодобывающей промышленности составит в конце столетия около 2000 млрд. м³.

К отходам горной промышленности относятся скальные породы, галечник, глина, гравий, песок, известняк, мел, отсеvy мелких фракций, отвальные хвосты флотационного обогащения руд черных и цветных металлов, серной руды, производства апатито-нефелинового концентрата, отходы углеобогащения, галитовые флотационные отходы, отсев фосфорита, фосфорная рудная мелочь и т.д.

К отходам угольной промышленности относятся отвальные и вскрышные породы, образующиеся в процессе разработки месторождения, отходы углеобогащения и зола от сжигания энергетических углей.

В черной металлургии к отходам производства относятся вскрышные и отвальные породы, хвосты сухой и магнитной сепарации, гравитационного обогащения, шлаки и шламы доменного и сталеплавильного производства, пыль, газы и сточные воды.

В цветной металлургии выход отходов на единицу продукции несопоставимо выше, чем в угольной и железорудной промышленности (100-200 т, а в отдельных случаях - до 1000 т на 1 т металла). Отходы добычи цветных металлов достигают 80 %, а отходы обогащения - 10 % добытой горной массы. Важнейшая особенность цветной металлургии в том, что в процессе переработки сырья образуется большое число токсичных веществ, загрязняющих отходы. Это соединения серы, мышьяка, сурьмы, селена, теллура и др. Часто токсичны и остаточные цветные металлы: свинец, цинк, медь, кадмий, ртуть, которые переходят в водные растворы и переносятся по поверхности.

В промышленности по производству минеральных удобрений отходы образуются при вскрытии месторождений и при обогащении. В 1985 году их величина составила 135 млн. т, в том числе галитовые отходы калийных производств - 36 %, фосфогипс - 25 %, хвосты флотации апатитового концентрата - 19 %, фосфоритовых и серных руд - 19 %; используется в настоящее время 7 % общих отходов.

Огромные массы насыпных грунтов образуются в результате инженерно-строительной деятельности: возведении различных земляных сооружений, гидротехническом, энергетическом, транспортном строительстве, освоении подземного пространства городов. Массивы насыпных грунтов формируются также из твердых бытовых и промышленных отходов. Так, функционирование города с населением 1 млн. жителей связано с образованием отходов, которые ежегодно складываются на территории около 40 га 2-х метровым слоем отсыпки. Ежегодный объем складирования бытовых отходов составляет более 0,5 млрд. м³. В табл. 1.1 приведена классификация насыпных грунтов, учитывающая особенности их образования, способы отсыпки, формирование свойств, сложение, состав, происходящие в них процессы.

Одним из технологических процессов на горнодобывающих, обогатительных и теплоэнергетических предприятий является отвалообразование, предусматривающее транспортировку и укладку на части земельного отвода попутно добываемой горной породы, некондиционных полезных ископаемых, шлака, золы.

ТАБЛИЦА I.1.

КЛАССИФИКАЦИЯ НАСЫПНЫХ ГРУНТОВ (ГОСТ 25100-82)

Подгруппа	Тип	Подтип	Вид выделяется по			содержанию органического вещества
			способу образования	степени самоуплотнения	устойчивости структуры	
Планово-мерно введенные насыпи	Природные грунты; промышленные отходы (шлаки, формовочная земля, зола и т.п.)	Выделяются по: гранулярному составу (крупнооблочные, песчаные); числу пластичности (глинистые, пылеватые)	Насыпные, намывные	Уплотненные	Устойчивые	Без органики
			То же	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые, разрушающиеся	То же
Отвалы грунтов и отходов промышленных производств	Нарушенные природные грунты (строительные, горно-технические)	Выделяются по: гранулярному составу, числу пластичности	То же	То же	Устойчивые, разрушающиеся	То же
			То же	То же	Устойчивые, разрушающиеся	То же
	Минеральные отходы обогащения	Гранулярному составу, числу пластичности	Насыпные, намывные	Неслежавшиеся	Устойчивые, разрушающиеся	Без органики
			Литые, насыпные	Слежавшиеся	То же	То же
	Золы и золошлаки	Гранулярному составу	Насыпные, намывные	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые, обломанные, разрушающиеся	То же
			Насыпные, намывные	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые, обломанные, разрушающиеся	То же

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.1

Подгруппа	Тип	Подтип	Вид выделяется по			
			способу образования	степени самоуплотнения	устойчивости структуры	содержанию органического вещества
	Формовочные земли	Гранулярному составу, числу пластичности	Насыпные	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые	Без органики
	Пустые породы угольных шахт (терриконы)	То же	Насыпные	То же	Устойчивые, горящие, разрушающиеся	То же, с содержанием угля
	Отходы разрушенных строительных материалов и конструкций	По виду материала	Насыпные	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые	Без органики $\text{tot} < 0,05$
	Культурные слои городских территорий	Выделяются по: гранулярному составу, числу пластичности	Насыпные (медленное накопление)	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые, распадающиеся	Без органики: $0,05 \text{ tot} < \text{tot} < 0,1$; $0,1 < \text{tot} < 0,25$; $\text{tot} > 0,25$
	Городские свалки бытовых и промышленных отходов	Вид материала, составляющего основную часть	Насыпные	Неслежавшиеся	Распадающиеся	$0,05 \text{ tot} < \text{tot} < 0,1$; $0,1 < \text{tot} < 0,25$; $\text{tot} > 0,25$
Свалки грунтов и бытовых отходов	Свалки грунтов и промышленных отходов	То же	То же	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые, распадающиеся	Без органики: $0,05 \text{ tot} < \text{tot} < 0,1$; $0,1 < \text{tot} < 0,25$; $\text{tot} > 0,25$

полезного ископаемого, углом его падения, просктной глубиной разработки и углами формирования зоны обрушения или выработанного пространства карьера. Величина текущей удельной землеемкости зависит от скорости перемещения горных работ и углов откосов рабочих бортов карьера.

По имеющимся данным, наиболее землсеёмкими являются предприятия угольной промышленности: добыча 1 млн. т топлива сопровождается отчуждением в среднем около 8 га земельных угодий. При открытой разработке этот показатель увеличивается до 20 га/млн.т, а на отдельных предприятиях достигает 30 га/млн.т. Ежегодно в отрасли отводится до 5,4 тыс. га земельных площадей. При разработке сложноструктурных месторождений Кузбасса доля карьерных полей в земельном отводе изменяется от 26 до 60%. Полная землеёмкость карьеров составляет, в среднем 21,2 га/млн.т, внешних породных отвалов - 25,3 га/млн.т. По основным горнодобывающим регионам при открытой разработке крутопадающих и наклонных залежей более половины площади нарушенных земель приходится на внешние породные отвалы и шламохранилища. Например, на угольных карьерах Кузбасса, железорудных карьерах КМА и Кривбасса внешние отвалы, хвостохранилища и водохранилища занимают соответственно 42, 57 и 50% площади земельного отвода. Добиться уменьшения этих показателей можно за счет увеличения высоты отвальных насыпей, придания им оптимальной формы и выбора рациональной схемы формирования. Размеры и режим нарушения земель при отвалообразовании характеризуют показатели средней, текущей и этапной землеёмкости, а также коэффициент формы отвала.

Схемы возведения внешних отвалов характеризуются направлением их развития в плане и профиле. Независимо от способа механизации отвальных работ выделяют две принципиально различные схемы формирования отвала в профиле: поярусная и с одновременной отсыпкой отвальных ярусов. Вторая схема, несмотря на сложности по организации работы транспорта, обеспечивает минимальный ежегодный земельный отвод под отвалы и, в зависимости от годового объема вскрышных пород и способа механизации, позволяют сократить разрыв во времени между изъятием земель и их рекультивацией до 3-7 лет, а также снизить степень водной и воздушной эрозии отвалов. Кроме того, возможен поэтапный отвод земель и совмещение во времени процессов отвалообразования и рекультивации.

Внешние отвалы достигают высоты 80-120 м. Наибольшее распространение получили экскаваторное отвалообразование при

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.1

Подгруппа	Тип	Подтип	Вид выделяется по			
			способу образования	степени самоуплотнения	устойчивости структуры	содержанию органического вещества
	Формовочные земли	Гранулярному составу, числу пластичности	Насыпные	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые	Без органики
	Пустые породы угольных шахт (терриконы)	То же	Насыпные	То же	Устойчивые, горящие, разрушающиеся	То же, с содержанием угля
	Отходы разрушенных строительных материалов и конструкций	По виду материала	Насыпные	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые	Без органики $\text{Iot} < 0,05$
	Культурные слои городских территорий	Выделяются по гранулярному составу, числу пластичности	Насыпные (медленное накопление)	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые, распадающиеся	Без органики: $0,05 \text{Iot} < \text{Iot} < 0,1$; $0,1 < \text{Iot} < 0,25$; $\text{Iot} > 0,25$
Свалки грунтов промышленных и бытовых отходов	Городские свалки бытовых и промышленных отходов	Вид материала составляющего основную часть	Насыпные	Неслежавшиеся	Распадающиеся	$0,05 \text{Iot} < \text{Iot} < 0,1$; $0,1 < \text{Iot} < 0,25$; $\text{Iot} > 0,25$
	Свалки грунтов и промышленных отходов	То же	То же	Слежавшиеся, неслежавшиеся	Устойчивые, распадающиеся	Без органики: $0,05 \text{Iot} < \text{Iot} < 0,1$; $0,1 < \text{Iot} < 0,25$; $\text{Iot} > 0,25$

На рис. I.1. представлена принципиальная схема формирования насыпных массивов на горных предприятиях. Создаваемые при этом массивы - отвалы в комплексе с техническими устройствами, средствами механизации и автоматизации производственных процессов отвалообразования составляют отвальное хозяйство. В земельном отводе предприятий, разрабатывающих наклонные и крутопадающие залежи, удельный вес глубоких карьеров колеблется от 16 до 20%, внешних отвалов - от 24 до 25%, хвостохранилищ - от 29.1 до 35%, промплощадок, транспортных и энергетических коммуникаций - свыше 17%. Суммарный удельный вес этих объектов занимает около 90% всего земельного отвода. Доля отвалообразования в балансе себестоимости полезного ископаемого на открытых работах составляет 12-18%. На отвальных работах занято до 25% численности рабочих, участвующих в выемке вскрыши. В табл. I.2 приведена классификация отвалов при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

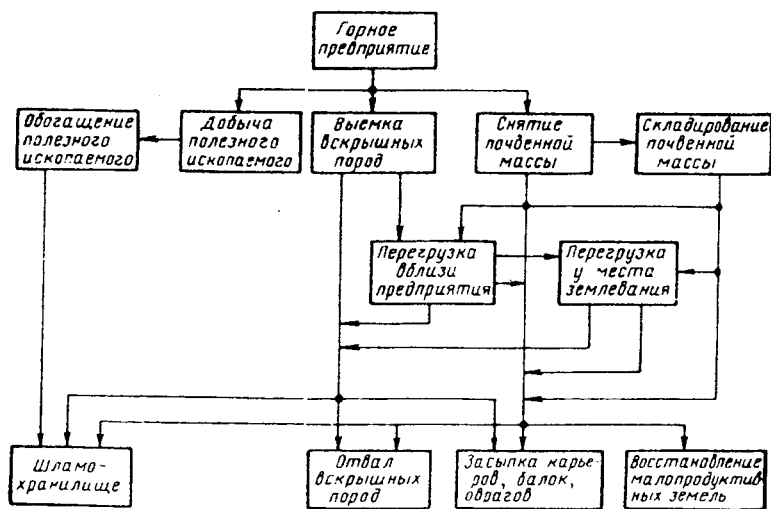


Рис. I.1 Схема доставки и складирования насыпных масс (по А.Ю.Дриженко)

ТАБЛИЦА 1.2

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТВАЛОВ (по Н.В. МЕЛЬНИКОВУ)

Классификационный признак	Типы отвалов	Характеристика
По местоположению	Внешние	За контуром карьера
	Внутренние	В контуре карьера
По числу ярусов	Одноярусные	Отсыпка ведется на почву
	Двухярусные	На отсыпанный ранее отвал
	Многоярусные	То же
По способу механизации отвальных работ	Плужные	С отвальными плугами
	Экскаваторные	При помощи механических лопат драглайнов и абзетцеров
	Бульдозерные	При автотранспорте, железнодорожном транспорте
	Конвейерные	При конвейерном транспорте
	Гидроотвалы	При гидро- и железнодорожном транспорте
По числу обслуживаемых вскрышных участков	Общие	Для всего карьера
	Групповые	Для нескольких участков карьера
	Отдельные	Для отдельных горизонтов карьера
По рельефу местности отвального поля	Равнинные	Любой тип механизации
	Нагорные	То же

По высоте насыпные («сухие») отвалы подразделяют на низкие (до 20м), средние (20-50м) и высокие (свыше 50м).

По способу ведения отвальных работы разделяют на две группы: отвалообразование, допускающее при формировании отдельных ярусов управляемое деформирование откосов отвалов и отвалообразование с обеспечением устойчивости сооружения и отдельных его конструкций (ярусов).

По характеру обводнения отвальные сооружения классифицируют на водонасыщенные отвалы и отвалы на «слабом» водонасыщенном основании. Водонасыщенные отвалы разделяют по условиям возведения на две группы: отвалы, сформированные из водонасыщен-

ных пород (гидроотвалы, хвостохранилища, «сухие» отвалы) и отвалы, обводненные на месте (атмосферными осадками, поверхностными и подземными водами, при отсыпке в воду).

Схемы отвалообразования, применяемые на карьерах, могут быть разделены на две группы:

- схемы с фронтальной отсыпкой, когда размещение пород в отвале происходит в процессе непрерывного движения отвалообразователя вдоль фронта работ;
- схемы с блоковой отсыпкой, когда складирование пород осуществляется заходками (блоками).

К первой группе относятся схемы отвалообразования с использованием транспортно-отвальных комплексов, включающих цепные многочерпаковые экскаваторы; ко второй группе - схемы с использованием одноковшовых экскаваторов и транспортно-отвальных комплексов, включающих роторные экскаваторы. Схемы отсыпки бульдозерных, плужных и абзетцерных (с многочерпаковыми отвальными экскаваторами) отвалов можно с определенным приближением отнести к первой группе.

Схемы отсыпки определяют характер процессов уплотнения породных масс отвалов и их оснований, влияя тем самым на возможность возникновения горногеологических явлений - нарушений устойчивости отвальных откосов. Оползни отвалов образуют самостоятельную группу оползневых деформаций при открытых разработках.

К негативным последствиям формирования техногенных массивов следует отнести также сокращение площадей земель, пригодных в большинстве случаев для сельскохозяйственного использования, изменение природного ландшафта, развитие эрозионных процессов, загрязнение почвенного покрова и снижение продуктивности прилегающих земель, изменение состояния и свойств горных пород, слагающих основания техногенных массивов, нарушение гидрологического и гидрогеологического режима района, ухудшение состояния атмосферы и санитарно-гигиенических условий жизни людей на прилегающих территориях.

Рассмотрим более подробно характер изменения экологической обстановки в районах возведения техногенных массивов.

По приближенным подсчетам общая площадь земель, нарушенных в стране при добыче твердого минерального сырья, превышает нарушенные при торфоразработках. При добыче угля и сланцев нарушено около 190 тыс. га, руд черных и цветных металлов

- более 350 тыс. га, строительных горных пород и горно-химического сырья - более 290 тыс. га. При добыче 1 млн. т угля нарушается от 3 до 43 га земель, железной руды - от 14 до 500 га, марганцевой руды - от 76 до 600 га, известняка - от 60 до 1200 га, фосфоритов - от 22 до 77 га. Основная доля нарушаемых земель (до 90%) приходится на горные выработки, внешние породные отвалы, хвосто- и шламохранилища.

Площадь и порядок отчуждения земли для нужд горного производства устанавливают в зависимости от природных, технологических и организационных факторов. Природные факторы включают орографию района работ, геологические условия месторождения, качество полезного ископаемого и уровень извлечения его компонента, физико-механические свойства горных пород. К технологическим факторам относят производственную мощность предприятия по полезному ископаемому и пустым породам, систему разработки и параметры ее элементов, режим горных работ, схему вскрытия, местоположение, параметры и порядок формирования насыпных массивов. К организационным факторам относят сроки строительства и эксплуатации предприятия, периоды освоения его производственной мощности и ликвидации горного предприятия. Величина земельного отвода S на разработку месторождения в проектных контурах может быть определена из выражения

$$S = S_k + S_o + S_x + S_n \quad (1.1)$$

где S_k , S_o , S_x , S_n — площади горного отвода для размещения соответственно карьерного или шахтного поля, отвалов, хвостохранилищ, промплощадки и др.

Степень нарушенности земной поверхности оценивают также по величине удельной землесмкости, выделяя при этом среднюю, текущую, этапную и полную землесмкости. *Показатель средней землесмкости* характеризует использование предприятием земель за весь или сравнительно продолжительный период эксплуатации месторождения. Показатель текущей землесмкости - это отношение площади земель, нарушаемых в течение определенного периода (год, пятилетка) к объему добычи полезного ископаемого за то же период. *Этапная землесмкость* добычи полезного ископаемого - это отношение площади земель, нарушаемых в течение этапа разработки месторождения к объему полезного ископаемого, разрабатываемого в контурах данного этапа. *Полная удельная землесмкость* характеризует абсолютное отношение отчуждаемой территории в расчете на 1 млн. т извлекаемых запасов. Установлено, что полная удельная землесмкость в основном определяется мощностью пласта

полезного ископаемого, углом его падения, проектной глубиной разработки и углами формирования зоны обрушения или выработанного пространства карьера. Величина текущей удельной землеемкости зависит от скорости перемещения горных работ и углов откосов рабочих бортов карьера.

По имеющимся данным, наиболее землеемкими являются предприятия угольной промышленности: добыча 1 млн. т топлива сопровождается отчуждением в среднем около 8 га земельных угодий. При открытой разработке этот показатель увеличивается до 20 га/млн.т, а на отдельных предприятиях достигает 30 га/млн.т. Ежегодно в отрасли отводится до 5,4 тыс. га земельных площадей. При разработке сложноструктурных месторождений Кузбасса доля карьерных полей в земельном отводе изменяется от 26 до 60%. Полная землеемкость карьеров составляет, в среднем 21,2 га/млн.т, внешних породных отвалов - 25,3 га/млн.т. По основным горнодобывающим регионам при открытой разработке крутопадающих и наклонных залежей более половины площади нарушенных земель приходится на внешние породные отвалы и шламохранилища. Например, на угольных карьерах Кузбасса, железорудных карьерах КМА и Кривбасса внешние отвалы, хвостохранилища и водохранилища занимают соответственно 42, 57 и 50% площади земельного отвода. Добиться уменьшения этих показателей можно за счет увеличения высоты отвальных насыпей, придания им оптимальной формы и выбора рациональной схемы формирования. Размеры и режим нарушения земель при отвалообразовании характеризуют показатели средней, текущей и этапной землеемкости, а также коэффициент формы отвала.

Схемы возведения внешних отвалов характеризуются направлением их развития в плане и профиле. Независимо от способа механизации отвальных работ выделяют две принципиально различные схемы формирования отвала в профиле: поярусная и с одновременной отсыпкой отвальных ярусов. Вторая схема, несмотря на сложности по организации работы транспорта, обеспечивает минимальный ежегодный земельный отвод под отвалы и, в зависимости от годового объема вскрышных пород и способа механизации, позволяют сократить разрыв во времени между изъятием земель и их рекультивацией до 3-7 лет, а также снизить степень водной и воздушной эрозии отвалов. Кроме того, возможен поэтапный отвод земель и совмещение во времени процессов отвалообразования и рекультивации.

Внешние отвалы достигают высоты 80-120 м. Наибольшее распространение получили экскаваторное отвалообразование при

железнодорожном (85%) и бульдозерное при автомобильном транспорте (15%) с криволинейным развитием фронта работ. Складирование пород производится одноковшовыми экскаваторами типа прямая мехлопата ЭКГ-4, 6; ЭКГ-8И; ЭКГ-12.5, а также драглайнами ЭШ-6/60, ЭШ-14/75. В большинстве случаев внешние отвалы отсыпаются ярусами высотой 10-200 м для рыхлых пород и 20-40 м - для скальных.

Параметры внешних отвалов - объем, высота, форма основания - оказывают влияние на интенсивность нарушения земель, сроки рекультивации, технико-экономические показатели отвально-рекультивационных и транспортных работ. В табл. 1.3 приведены параметры отвалов при следующих исходных данных: угол откоса яруса - 38° , число ярусов - 4, высота яруса - 20 м, ширина отвальной террасы - 30 м. На рис. 1.2 представлены зависимости, характеризующие влияние высоты и площади основания отвала на землеемкость отвалообразования. Использование подобных зависимостей позволяет выбрать рациональные параметры и формы внешних отвалов при их расположении на высокопродуктивных сельскохозяйственных землях.

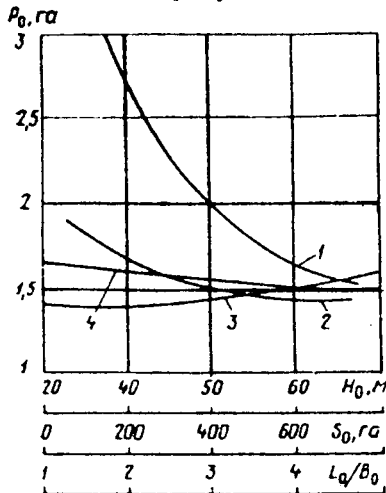


Рис. 1.2 График зависимости средней землеемкости отвалобразования P_0 от высоты отвала H_0 (1), площади его основания S_0 (2), отношения длины отвала к его ширине L_0/B_0 (3), результирующего угла откоса отвала α_{p0} (4)

Рельеф представляет собой совокупность форм земной поверхности, разных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. Рельеф — это не только поверхность, но и некоторый объем (тело), способный развиваться и изменяться, при этом могут быть выделены объемы частных форм, их протяженность, рамеры промежутков между ними и т.д.

В геолого-геоморфологическом отношении территории горнодобывающих бассейнов страны разделяются на первично аккумулятивные равнины (водораздельные плато) и водноэрозивные или водноаккумулятивные формы рельефа (речные долины, балки, овраги и речные террасы). Водораздельные плато занимают возвышенные участки земной поверхности в пределах окружающих бассейнов рек и полностью перекрыты палеоген-неогеновыми и четвертичными отложениями. В результате водно-эрозионных и водноаккумулятивных процессов окраины водораздельных плато расчленены речными долинами, балками, оврагами и речными террасами. Устья рек обычно заканчиваются лиманами, большая часть балок врезается своим основанием в скальную толщу земли.

ТАБЛИЦА 1.3.

*ПАРАМЕТРЫ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ
(ПО П. И. ТОМАКОВУ И ДР.)*

Форма основания отвала	Параметры отвалов							
	Площадь, тыс. м ²	Длина, км	Ширина, км	Объем, тыс. м ³	Периметр, тыс. м	Вместимость 1 м ² , м ³	Площадь санитарной зоны, приходящаяся на 1 м ³ отвала, м ²	Коэффициент формы
Прямоугольник	4700	4 2,5	1,175 1,88	281869 313522	10,365 8,76	59,97 66,7	0,00219 0,0171	1,348 1,41
Квадрат	4700	2,166	2,168	314209	8,672	66,82	0,0169	1,13
Треугольник	4700	3,133 2,35	3 4	304792 304764	9,958 10,17	64,84 64,83	0,0117 0,0121	1,297 1,325
Круг	4700	2,445	2,445	325975	7,677	69,35	0,0141	1

Рельеф рассматривают как важный элемент сложной природно-техногенной системы и характеризуют комплексом морфометрических количественных характеристик: показатель

горизонтального расчленения, $\text{км}\backslash\text{км}^2$ - оценивает степень освоения территории эрозионной (овражно-балочной и речной) сетью; показатель вертикального расчленения, $\text{м}\backslash\text{км}^2$ - оценивает размах высот, превышение одних элементов рельефа над другими; показатель уклона (крутизны) склонов, град. Морфометрические показатели, полученные на различные интервалы времени, позволяют количественно изучать скорость, распространение и интенсивность экзогенных эрозионно-денудационных процессов и предусматривать необходимые инженерные мероприятия по их предотвращению. Такие морфологические показатели, как площадь и уклон косвенно характеризуют эрозионную деятельность потока. По данным А.И. Скоморохова, при водосборе площадью менее $0,1 \text{ км}^2$ и уклоне $3-4^\circ$ поток не способен производить значительные разрушения. Площадь водосбора $0,5-1,5 \text{ км}^2$ при том же уклоне обеспечивает силу потока, способную создавать врез с глубоким вершинным перепадом.

Рельеф горнопромышленного района обычно подвергается серьезным изменениям, при этом характер нарушений зависит от условий залегания полезного ископаемого (рис.1.3).

Величина искусственного повышения отметок колеблется от $0,5$ до 300 м (высота террикона в Уэльсе, Англия), понижение от $0,5$ до 800 м (глубина карьеров), соответственно общая амплитуда искусственно измененного рельефа достигает 1100 м . Основными закономерностями в техногенном изменении рельефа осваиваемых территорий является преобладание повышения отметок над понижением, стирание геоморфологических граней на поверхности, постепенное изменение природного микрорельефа и появление техногенного микрорельефа. Преобразование рельефа оказывает влияние на микроклимат, склоновые процессы, выветривание, свойства горных пород, энергию поверхностного и подземного стоков. Кроме того, усиливается инфильтрация атмосферных осадков, повышается местный уровень подземных вод, увеличивается зона насыщения отвальных пород и их уплотнение. По данным А.М. Бурыкина, на отвалах Михайловского ГОКа плоскостной срыв, проявляющийся в виде параллельных борозд, выносит за год $10-20 \text{ м}^3$ пород, что вызывает понижение поверхности на $0,1 - 0,2 \text{ мм}$ в год, превышая почти в 10 раз величину естественной денудации. Значительный вынос пород характерен для первых годов формирования отвала, достигая при образовании промоин 541 см^3 гектара; в последующем, в ходе зарастания склонов, процессы срыва приближаются к интенсивности нормальной эрозии.

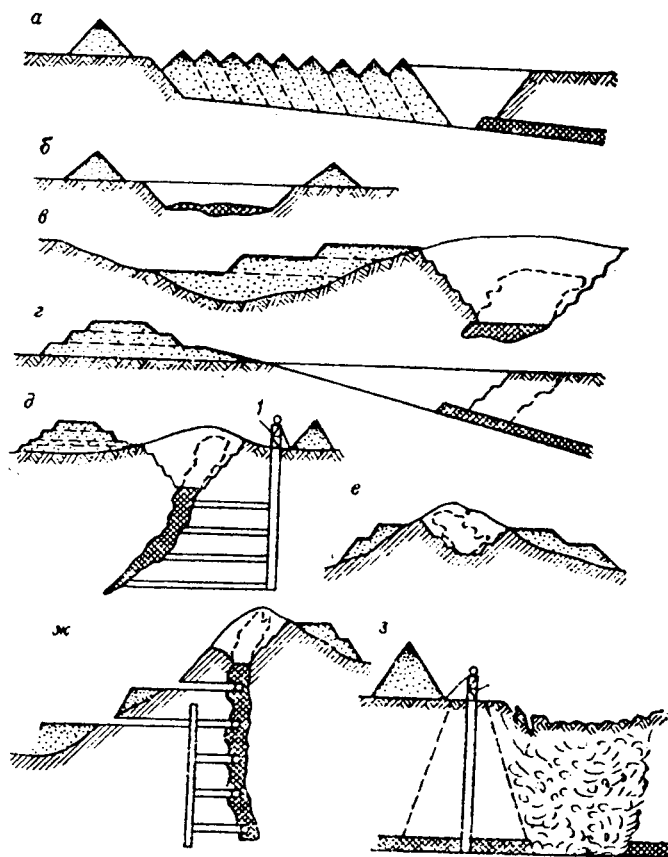


Рис. 1.3 *Виды техногенного нарушения рельефа местности (по В.Д.Горлову)*

а - карьерно-отвальный с внутренним размещением пустых пород; б, в, г, д, е, ж - карьерно-отвальный с внешним размещением пустых пород; з - отвальный с провалами или проседанием поверхности; 1 - ствол шахты

Влияние рельефа местности и формы земельного отвода на эффективность отвалообразования иллюстрирует следующий пример.

Согласно проекту ведения горных работ, на руднике Алпыс (Казахстан) участок отвалообразования располагается в районе северо-западного борта карьера и представляет собой склон, постепенно переходящий в равнину, понижающуюся в северо-западном направлении (рис.1.4). Земельный отвод под отвал имеет прямоугольную форму. Границы участка ориентированы по сторонам света; максимальная отметка земной поверхности в юго-восточной части участка - 282 м, минимальная - в северо-западной - 244 м), отметка северо-восточной и юго-западной частей примерно одинаковы - 255 м. По мнению сотрудников комбината, проектный контур отвала нельзя считать оптимальным - прямоугольная форма не согласуется с рельефом местности. В северо-западной части в зону отвала попадают ценные участки пастбищных земель, расположение отвала не удовлетворяет требованию минимальности пути транспортирования пород. С целью временного сокращения расстояния транспортирования, в начальный период разработки месторождения отсыпку пород осуществляли в юго-восточной части участка, т.е. в районе максимальных отметок земной поверхности. Совпадение направлений отсыпки пород с линией падения естественного склона способствовало быстрому достижению предельно устойчивой высоты первого яруса, что привело к развитию деформаций откоса отвала.

Выполненный сотрудниками комбината и КарПИ пересмотр проекта позволил выбрать оптимальный вариант отвалообразования с учетом фактического состояния отвала, расположения ценных пастбищных земель, рельефа местности, формы и размеров земельного отвода и параметров устойчивого отвала, что обеспечивает максимальную вместимость отвала при минимальной площади. Так, предложена круглая форма отвала; на основе исследований физико-механических свойств пород приняты следующие параметры устойчивого отвала: высота первого яруса 27 м, второго и третьего ярусов - 25 м. Принятые параметры имеют ряд преимуществ по сравнению с проектными: уменьшена площадь отвалообразования и сохранены 27 га земли, пригодной для сельского хозяйства; сокращены объемы бульдозерных работ за счет преимущественного использования периферийного способа развития ярусов и большей их высоты; сокращено на 120 м по сравнению с базовым, среднее расстояние транспортирования пород.

ным отложениям. Отсыпка отвала способствовала формированию многолетней мерзлоты, мощность которой в настоящее время превысила 40 м. Образование толщи многолетней мерзлоты и изменение температурного режима пород обусловило развитие и других мерзлотных геологических явлений. Так, вдоль фронтальной части у основания отвала наблюдаются выходы подземных вод в виде источников с дебитами от 0,2 до 10,3 л/с, с которыми в зимний период связано возникновение наледей и гидроакколитов. Общая картина изменения геологической среды Коршуновского железорудного месторождения представлена на рис. 1.5.

Эрозия, которой подвергаются техногенные насыпные массивы, протскает в виде физического и химического разрушения отложений, при этом продуктами эрозии являются выносимые в окружающую среду механические взвеси дисперсных минеральных частиц в воде и воздухе и химические растворы, а также остающиеся на месте преработки измененные отложения.

На интенсивность эрозии оказывают влияние естественные факторы (воздушные и водные потоки, температурные изменения, миграции поровых растворов-электролитов) и техногенные (например, воздействие тяжелого горнотранспортного оборудования и различных механизмов), а также внутренние факторы, например, физические и химические свойства, состав, структура отложений, формирующие механическую и химическую прочность пород.

Эрозионные процессы отрицательно действуют на окружающую среду, вызывая:

- необратимые изменения структуры и состава почв - снижение водопрочности и механической прочности агрегатов с последующим ухудшением агрофизических свойств почв; разубоживание гумусного и солевого состава почв; изменение их водоудерживающей способности;
- необратимые изменения состава, структуры и свойств используемых при рекультивации потенциально плодородных пород;
- загрязнение почв и почвогрунтов продуктами эрозии, что приводит к угнетению растительного покрова, засолению и заболачиванию поверхности;
- засоление почв и почвогрунтов и интоксикацию растений;
- запыление и загрязнение воздушного и водного бассейнов;

- ухудшение физико-механических параметров пород, используемых для возведения горнотехнических сооружений - дамб, плотин, насыпей.

Производство дренажных работ, формирование отвалов и эксплуатация хвостохранилищ приводит к изменению гидрогеологической обстановки на месторождениях и далеко за их пределами. Так, создание системы локального водопонижения на Коршуновском железорудном месторождении вызвало резкое изменение химического состава подземных вод, обусловленное снижением напоров усть-кутского водоносного горизонта на 100-110 м и подтягиванием к дренажной системе карьера рассольных вод с минерализацией более 80 г/л. На изменение химического состава дренажных вод и повышение их минерализации влияют глубокие разведочные скважины, вскрывшие напорные рассольные воды глубоких разломов (рис.1.5). При ведении горных работ часть скважин оказалась растампонированной и в настоящее время они выполняют роль своеобразных восходящих техногенных источников, в которых разгружаются хлоридные кальциевые рассолы с минерализацией от 180 до 309 г/л.

Повышенная тектоническая трещиноватость пород скарноворудной зоны месторождения влияет и на распределение минерализации в плане. Так, максимальная минерализация дренажных вод, достигающая 200 г/л, отмечается в зоне интенсивной трещиноватости, а по мере удаления от нее на фланги месторождения величина минерализации снижается до 10 г/л. Суммарная минерализация дренажных вод, сбрасываемых в р. Коршуниху, превышает 30 г/л, что составляет более трех ПДК по минерализации. Зона загрязнения воды в реке наблюдается на расстоянии 15 км ниже карьера, что представляет серьезную экологическую проблему.

Вследствие интенсивного водопонижения вокруг карьера сформировалась депрессионная воронка со средним радиусом влияния 7,0 км. В плане она имеет изометрическую форму и вытянута в субширотном направлении по долине р. Коршуниха, что обусловлено интенсивным снижением уровня подземных вод по зонам тектонических нарушений. Формирование депрессионной воронки привело к увеличению зоны арации вокруг месторождения и изменению физического состояния пород и динамики геологических процессов - суффозии и карстообразования.

Значительные по объемам горные работы, связанные с добычей руды и осушением пород, вызвали перераспределение природных напряжений окружающего массива. В пределах карьерного поля

развиваются такие геологические явления, как разуплотнение и выветривание горных пород.

Выветривание наблюдается по всей площади выработанного пространства и наиболее интенсивно проявляется в верхних, выветренных на предельный контур уступах бортов, сложенных песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Преобладают процессы физического выветривания, в результате которого полускальные породы переходят в крупнообломочные, а также пески, супеси и суглинки. Скорость выветривания пород достигает на месторождении 1,5 см в год. Выветривание особенно активно протекает на участках распространения тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости.

Разуплотнение пород наиболее интенсивно проявляется в аргиллитах, алевролитах и известняках. Оно вызывает образование зоны повышенной трещиноватости и самопроизвольное расслаивание пород на плитчатые отдельности толщиной от нескольких миллиметров до 3-5 см. Зона разуплотнения пород в бортах карьера достигает 20-50 м. Проведение взрывных работ обуславливает и образование зоны интенсивной трещиноватости, мощность которой зависит от состава пород, их структурно-текстурных особенностей, физического состояния, тектонической нарушенности, а также от технологии взрывных работ.

Формирование внешних отвалов приводит, достаточно часто, к подъему уровня грунтовых вод и появлению на окружающей местности контурного кольца озер и болот. Подтопление территории, в свою очередь, ведет к гибели лесов и полей. Вокруг конечного контура отвалов происходит замена полевой и болотной растительности на болотную.

Интенсивное нарушение режима подземных вод и их химизма отмечено в Губкинско-Стойленском промышленном районе КМА. Через два-три года после начала строительства (1956) Лебединского карьера радиус депрессионной воронки распространился по маастрихт-туронскому водоносному горизонту более чем на 1,5 км, а уровень воды в сеноман-альбском водоносном горизонте в долине р. Осколец был снижен на 5 м по отношению к естественному уровню. К концу 1961 г. общий приток воды в карьер составил 2800 м³/ч; депрессионная воронка вокруг карьера сомкнулась с депрессионной воронкой шахты им. Губкина. В 1965 г. общий приток в карьер достиг 4500 м³/ч. Как следствие, в районе долины р. Осколец уровни воды мелового водоносного горизонта были снижены на 20-25 м, а инфильтрация воды на русловой зоне р. Осколец в карьер достигла 1500 м³/ч. Зона инфильтрации речных вод распространилась вдоль русла

реки на 10 км. Радиус депрессионной воронки по меловому водоносному горизонту распространился в северном направлении от карьера на 7,5 км, в южном - на 10 км. Нижнепротерозойский водоносный горизонт был захвачен депрессионной воронкой в радиусе до 20 км в северном направлении от карьера и до 10 км - в южном.

Строительство Стойленского карьера на первом этапе осуществлялось в практически обезвоженных породах и до 1964 г. водопритоки в карьер не превышали 300 м³/ч. После ввода в строй водопонижительной системы водослив из карьера увеличился до 1200 м³/ч (1965 г.).

Водопритоки в водопонижительную систему Лебединского и Стойленского карьеров соответственно достигали 6100 и 5200 м³/ч, дренажная система шахты им. Губкина откачивает около 300 м³/ч подземных вод. Режим подземных вод района разработок нарушен по верхнему водоносному горизонту в радиусе 40 км, по докембрийскому в радиусе до 80 км. Также существенному изменению подвергся и химический состав поверхностных и подземных вод района. Пределы содержаний вредных примесей в воде р. Осколец колеблются в следующих пределах: нефтепродукты - 0,06 - 1,12 мг/л (ПДК - 0,05 мг/л); смолы и асфальтены - 0,6 - 1,12 мг/л (ПДК - 0,05 мг/л); азот суммарный - 1,28 - 1,86 мг/л, фосфаты - 0,031 - 0,115 мг/л - (ПДК - 3,5 мг/л; кремниевая кислота - 9,0 - 10,5 мг/л, железо общее - 0,28 - 1,10 мг/л (ПДК - 0,3 мг/л); медь - 11,0 - 14 мг/л (ПДК - 1,0 мг/л); хром - 0,008 - 0,010 мг/л; цинк 0,01-0,05 мг/л; никель - 0,07 - 0,10 мг/л.

Техногенные изменения химического состава подземных вод могут привести к снижению прочности пород оснований и массивов откосных сооружений за счет разрушения цементационного сцепления в результате процессов набухания или выщелачивания.

Проведенными в последнее время исследованиями отмечено влияние конвективно-диффузионного засоления техногенными растворами повышенной минерализации на изменение механических (в частности фильтрационных) свойств грунтовых экранов хвостохранилищ. Так, опыт эксплуатации хвостохранилищ Соликамско-Березниковского горнопромышленного района показал, что в результате засоления экранирующие суглинистые породы постепенно меняют свою структуру (происходит агрегирование), теряют пластичность и, в конечном счете, увеличивают свою проницаемость на 1-2 порядка, т.е. перестают выполнять функции экранов. В том же направлении действуют, по мнению В.А. Мироненко, осмотические процессы, приводящие к объемному сжатию грунтов экрана, т.е. к образованию в них трещин. Несмотря на сравнительно малые скорости этих трансформаций - 1 м/год, они все

же заставляют прийти к выводу о недопустимости использования грунтовых экранов (по крайней мере, естественных) для длительного хранения технических рассолов.

Изучение химизма почвенно-грунтовых поверхностных вод и почв на территории угольных предприятий Подмосквовного бассейна (А.И.Савич и др.) показало, что повышение минерализации природных вод происходит как за счет водной эрозии, по периферии отвалов, так и вследствие просачивания кислых сульфатных вод из межотвальных водосмов в водоносные горизонты.

Природной границей, за которой не прослеживается техногенное влияние отвалов на природный ландшафт, является поверхностный водоток, о чем свидетельствует низкий уровень (лишь немного выше фоновых значений) минерализации почвенно-грунтовых и поверхностных вод ($100\text{--}1600\text{ мг/л SO}_4^{2-}$).

Общей характерной особенностью рассматриваемого процесса миграции сульфатов из карьерно-отвального участка на прилегающие территории является изменение геохимической обстановки на границе между карьерно-отвальным участком и окружающими природными комплексами. Почвы, горные породы и природные воды являются тем щелочным геохимическим барьером, на котором резко уменьшается интенсивность миграции H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , являющихся типоморфными мигрантами ландшафта сернокислого класса. В то же время здесь сохраняется способность к миграции Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} . Сернокислый класс водной миграции сменяется на кальциевый. Таким образом, наибольшие по масштабу изменения участка природного ландшафта, прилегающего к техногенному, происходят за счет засоления сульфатами кальция и магния поверхностных, почвенно-грунтовых и подземных вод.

За счет повышения минерализации грунтовых вод на исследуемой территории происходит постепенное засоление почвенного профиля. На участках с относительно низким ($1,5\text{--}2,5\text{ м}$) уровнем грунтовых вод, примыкающих к эрозионным шлейфам внешних отвалов (на расстоянии до 5000 м), несколько повышенным уровнем сульфатного засоления характеризуются средняя и нижняя часть почвенного профиля. Для сравнения укажем, что концентрация водорастворимых сульфатов в зональных черноземных почвах обычно не превышает 10 мг SO_4^{2-} на 100 г почвы.

Значительное повышение минерализации поверхностных, почвенно-грунтовых и подземных вод на территории распространения открытых угольных разработок закономерно приводит к повышению минерализации речных вод. В реку просачиваются сульфатные почвенно-грунтовые воды, в нее впадают водотоки, несущие ми-

нерализованные воды из отвальных водоемов и водопонижающих скважин. За 10-15 лет площадь территории, загрязняемой в результате водной эрозии, может достигать 30% площади отвалов. В ряде случаев, при отсутствии естественных и искусственных препятствий распространению эрозии, эти площади могут быть равными площади отвалов или превышать их.

Значительная часть нарушенных при добыче полезных ископаемых земель находится в наиболее развитых промышленных районах с высокой плотностью населения и в районах с наилучшими условиями земледелия. Под влиянием горных работ плодородная часть земель - почвенный слой подвергается физическому, химическому и механическому воздействию.

Физическое нарушение почв связано с преобразованием ландшафта и деформацией поверхности, изменением структуры почв в результате их заиливания, осушения, развития эрозионных процессов. Химическое нарушение почв связано с их загрязнением технологическими отходами и выбросами, поступающими из хвостохранилищ, отвалов, рудных складов, отвалов забалансовых руд. Источником загрязнения могут быть сильноминерализованные рудничные и карьерные воды. Серьезную опасность представляет разработка месторождений радиоактивных, редкоземельных руд, сопряженная с попаданием в почву химических элементов, уничтожающих ее полезные свойства или угрожающие здоровью и жизни человека.

Механическое нарушение почв обусловлено процессами транспортирования пород, отвалообразования, эрозии отвалов и хвостохранилищ, пылевых выбросов технологических производств и протаскает в виде разубоживания гумусной части почв.

Интенсивное пылевыведение возникает при транспортировании горной массы, формировании техногенных насыпных массивов, проведении буровзрывных работ на карьерах, обогащении полезных ископаемых. Постоянным источником пылевыведения служат откосы и площади уступов карьеров и отвалы, сухие пляжи хвостохранилищ. Усредненные показатели удельного сдувания пыли с пылящих поверхностей при открытых горных работах приведены в табл. 1.4.

ТАБЛИЦА 1.4.

**ПОКАЗАТЕЛИ СДУВАНИЯ ПЫЛИ С ПЫЛЯЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
(ПО П.И.ТОМАКОВУ И ДР.)**

Место пыления	Условия работы и характеристика объекта	Удельное сдувание пыли при скоростях ветра (м/с)		
		до 4	6-8	10
Поверхностные открытые склады угля	Умеренно пыльные	0,4	18	100
	Пыльные	0,6	25	200
	Весьма пыльные	1,0	50	350
Поверхность породных отвалов	Свеженасыпанный	1,0	9	15
	Через 3 месяца после отсыпки	0,6	5	8
Поверхность хвостохранилищ	Хвосты влажностью 2-4%	2,8	1300	400
	Хвосты влажностью 4-6%	1,8	35	60
	Хвосты влажностью 8-10%	1,2	12	25

Мощным периодическим источником загрязнения является массовый взрыв на карьерс, при котором в атмосферу может поступить 100 - 250 т пыли и 6 - 10 млн. м³ газов (CO, CO₂, NO+NO₂). Пылегазовое облако выбрасывается на высоту 150-300 м, в своем развитии оно может достигать высоты 16 км и распространяться по направлению ветра на расстояние до 14 км. Объем пылегазового облака достигает 15-20 млн.м³, концентрация пыли изменяется от 680 до 4250 мг/м³. По данным МакНИИ запыленность воздуха из-за выветривания пород, складированных в отвалах Донбасса, превышает санитарные нормы на расстоянии до 2 км от них потери урожайности зерновых культур в результате промышленного загрязнения составляют, по данным чешских и польских ученых, 27-29%, урожай картофеля и сахарной свеклы снижается в 2-3 раза.

Как показывают приведенные примеры, результаты многих исследований и расчетов, влияние инженерного воздействия на геологическую среду распространяется далеко за пределы границ техногенных объектов. Каждый горно-промышленный объект имеет свои зоны техногенного влияния на загрязнение атмосферы, геохимическое загрязнение почв, нарушение гидробалансов и пр. В целом

же вокруг предприятия (в частности, горного) располагается территория, на которой ухудшается состояние природной среды вследствие его деятельности и образуются зоны техногенного влияния отдельных его производственных звеньев.

Зона техногенного влияния формируется каждым типом воздействия и является характеристикой экологических последствий производства. Так, например, при горном производстве площадь зоны влияния горно-промышленного объекта характеризует косвенное вовлечение природных ресурсов в процессе эксплуатации.

Предприятие может быть представлено в виде природно-технологической системы, каждый элемент которой оказывает влияние на природную среду и, в свою очередь, может испытывать воздействие окружающей среды. Такая система является комбинацией двух подсистем – технологической (горное предприятие) и природной (совокупность природных ресурсов, связей, процессов, прямо или косвенно вовлекаемых в процесс горного производства). Определение экономической величины ущерба по отдельным типам техногенного воздействия в настоящее время не представляется возможным из-за отсутствия соответствующих методик и нормативов. Размеры нарушений могут быть оценены по пространственным параметрам зон влияния и качественным изменениям природной среды (В.А. Симкин и др.). Таким образом, площадь зоны влияния может являться показателем экологической эффективности или экологической опасности горного производства. В общем случае, чем меньше площадь зоны техногенного влияния, тем меньше, при прочих равных условиях, экологическая опасность горного производства.

Такой подход к оценке последствий техногенеза может быть эффективно использован, главным образом, при предпроектной оценке деятельности горнодобывающих предприятий, имеющих относительно небольшую по площади и постоянную по конфигурации зону техногенного влияния.

2. Породные отвалы угольных шахт и солеотвалы

В практике горных работ сложилось три основных направления организации породного хозяйства угольных шахт: 1) выдача породы на поверхность с последующей укладкой (отвалообразование); 2) выдача породы на поверхность для переработки (например, получение закладочных или строительных материалов)); 3) размещение породы в выработанном пространстве.

Наибольшее распространение получило первое направление, что можно объяснить относительной простотой технологических схем и меньшими, по сравнению с двумя другими, капитальными затратами.

На рудных шахтах пустая порода, выданная на дневную поверхность, складировается вблизи ствола или направляется на засыпку нарушений земной поверхности – зоны обрушения, балки, овраги, отработанные карьеры. В отвалы шахт направляются также отходы обогащения. Варианты систем транспортирования породы на отвал и общие условия применения приведены в табл. I.5.

Количество выдаваемой из шахт породы зависит от условий залегания угольных пластов (мощности, угла падения, наличия геологических нарушений, сближенности пластов), технологии их выемки (взрывным способом, отбойными молотками или комбайнами) и систем разработки. При проектировании угольных шахт количество выдаваемой на поверхность породы обычно принимается в следующих размерах:

Мощность пластов, м 0,5-1,0 1,0-1,5 1,5-3 более 3,0

Количество породы к весу

добываемого угля, % 25-30 20-25 1,0-20 5-10.

Количество породы, извлекаемой углеобогастительными фабриками, колеблется в широких пределах и зависит от зольности угля и глубины обогащения. При обогащении малозольных коксовых углей отходы составляют 5-15%, а на буроугольных фабриках 30-40%.

По данным П.А. Леонова и Б.А. Сурначева, среднее содержание топлива в отвальной породе шахт Донецкого, Кузнецкого, Печорского и Карагандинского угольных бассейнов составило 6,2%, а средние потери его в отвалах 1,5% общей подземной добычи угля в этих бассейнах.

Складируемая в отвалы угольных шахт масса разнородна по своему составу и включает различной крупности куски угля, углистых сланцев, аргиллита, полупродукта (сростков пустой породы с углем), пирита, пустой породы, а также лесоматериалы (обломки крепи, шпалы и т.д.) и различные металлические предметы (куски труб, рельсов).

ТАБЛИЦА 1.5.

СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ТРАНСПОРТНО-ОТВАЛЬНЫХ РАБОТ
(ПО П.А.ЛЕОНОВУ И Б.А.СУРНАЧЕВУ)

Вид транспортирования породы	Технические данные			Область применения
	Предельная крупность кусков породы, мм	Максимальное расстояние транспортирования, м	Производительность, т/ч	
Канатная откатка в скипах или вагонетках по рельсовому узкоколейному пути (одноконцевая или двухконцевая)	400	700	30-70	На шахтах, отдаленных от жилых поселков: одноконцевая откатка при небольшом количестве выдаваемой породы; двухконцевая при большом количестве выдаваемой породы
Подвесные канатные дороги: с возвратно-поступательным движением вагонеток (маятниковым) с кольцевым движением вагонетки	300	800-1200	30-50	На шахтах, выдающих небольшое количество породы, при значительной удаленности и наличии пересеченной местности
	300	2000-3000	75-150	То же, на шахтах, выдающих большое количество породы
Гидравлический по трубопроводам напорный самотечный	50-80* 50-80	2000-2500 2000-2500	75-150 75-150	При большом количестве выдаваемой породы и наличии водных ресурсов То же при наличии благоприятного рельефа местности
Конвейерный	300	800-1000	Не ограничивается	На шахтах, выдающих большое количество сухой породы
Автомобильный	В зависимости от местных условий		То же	При удалении от отвала на расстояние 1-2 км, при наличии хороших дорог и значительном количестве выдаваемой породы
Железнодорожный с широкой и узкой колеей	Не ограничивается			При значительном удалении отвала и большом количестве породы, центральные отвалы, обслуживающие группу шахт

*В отдельных случаях крупность кусков породы достигает 100 мм.

Породы отвалов шахт содержат значительное количество угля. Так, по данным Южгипрошахта, в отвальной массе угля размером +25 мм находится от 1,7 до 12,4%, а размером - 25 мм - 28,6-38,6%. Содержание горючих в отходах обогатительных фабрик составляет в среднем 40%.

Исследованиями Кузбассгипрошахта в Прокопьевско-Киселевском районе установлено, что отвальная масса содержит угля в среднем до 20%; зольность породы повышается от мелких классов к крупным. Наиболее низкозольен класс угля размером 0-6 мм, зольность которого составляет 27-36%; класс 6-50 мм имеет зольность от 50 до 62%, а класс +50 мм - 67-82%.

Содержание горючих терриконов распределяется неравномерно; наименьшую зольность породы имеют в средней по высоте части отвала, к вершине и основанию она повышается. Отвальная масса, находящаяся на отвалах разных шахт, имеет зольность в пределах 26-88%.

Содержание пирита не оказывает заметного влияния на самовозгорание угля. Так, угли Кузбасса и вмещающие их породы имеют небольшое количество серы (0,4-1,0%). Однако отвальные массы этого бассейна не менее склонны к самовозгоранию, чем породные отвалы Донбасса, где содержание серы более значительно.

Исследования отвальной массы 866 действующих отвалов шахт Донбасса показали, что породы 14,4% отвалов содержат более 5% серы; 25,6% отвалов - 3,5%; 22,3% отвалов - 1,5-3% и 15,6% отвалов менее 0,5% серы.

В настоящее время пока не установлено, при каком содержании горючих возможно самовозгорание породных отвалов.

Степень склонности к самовозгоранию зависит от степени метаморфизма и измельчения угля, его влажности и температуры окружающей среды, продолжительности периода хранения породной массы на отвале и т.д.

Поступление воздуха внутрь отвала, способствующее окислению горючего материала, обусловлено структурой отвала, гранулярным составом отвальной массы, высотой отвалов, направлением ветров, атмосферными осадками, сезонными колебаниями температуры наружного воздуха, деформацией пород.

Структура террикона определяется гранулярным составом складированных пород и процессами сегрегации. Чем крупнее отвальная масса и больше высота отвала, тем больше его пористость, воздухопроницаемость, и наоборот. Большинство терриконов угольных

шахт по воздухопроницаемости можно разделить на пористые и плотные.

Пористые отвалы сложены преимущественно крупнокусковым, крепким, устойчивым по отношению к выветриванию материалом, в основном песчаником. Мощность нижней пористой зоны составляет $1/3$ высоты отвала, а иногда и более. Плотные отвалы образуются из мелкого или крупного материала. Крупный материал быстро выветривается и превращается в мелочь. Плотные отвалы имеют небольшое число крупных кусков. Мощность нижнего крупнокускового слоя до 5 м. Этот слой отчетливо выявляется при высоте отвала до 20-30 м. Плотные отвалы имеют небольшую воздухопроницаемость, особенно при небольшой высоте состоят из пустых пород. Чем значительнее плотность отвала, тем при большей высоте происходит его самовозгорание. Так, в Кузбассе установлено, что критическая высота пористых терриконов составляет 20-25 м, а плотных свыше 40 м. Имеются также отвалы, занимающие промежуточное положение. Наличие в складированных породах горючего материала может привести к самовозгоранию отвалов, что резко ухудшает условия их эксплуатации, отравляя воздух пожарными газами, и способствует возникновению деформаций.

Согласно составленной в Макеевском научно-исследовательском институте по безопасности работ в угольной промышленности (МакНИИ) классификации, породные отвалы разделяют по тепловому состоянию на негорящие (отсутствуют признаки горения поверхностного слоя - дым, пар, пожарные газы, открытый огонь, участки раскаленной породы), горящие (на поверхности отвалов имеются видимые очаги горения или температура пород на глубине 0,5-3 м от поверхности составляет 150°C и выше) и интенсивно горящие (от горения отвалов загазованность воздуха на расстоянии 300 м превышает предельно допустимые нормы - концентрация окиси углерода 6 мг на 1 м^3 , сернистого газа 0,5 мг на 1 м^3 атмосферного воздуха).

Основными видами деформаций отвалов следует считать различного типа оползни, обрушения, осыпи, уплотнение пород отвала и их основания под действием гравитационных сил, а также проявления сдвижения пород в результате подработки территории отвалов подземными горными выработками. Деформации отвалов углевещающих пород с очагами горения неоднократно происходили в Донбассе, Кузбассе и других угледобывающих регионах.

Широкую известность получил катастрофический оползень негорящих породных отвалов шахтного отвала в г. Аберфане (Уэльс, Великобритания, октябрь 1966 г.). Отвальный массив с

чередующимися водоупорными и водопроницаемыми слоями, прислоненный к природному склону, нижней частью перекрывал выходы нескольких родников, вследствие чего происходило его постоянное увлажнение. Увлажнение отвала происходило также за счет атмосферных осадков, величина которых составляла около 1500 мм ежегодно. За день до катастрофы произошло оседание верхней части отвала примерно на 3 м. На следующий день оползень-поток, двигавшийся со скоростью до 32 км/ч, обрушился на поселок, похоронив под собой школу и другие здания. Погибло 144 человека.

Факторы, определяющие возникновение деформаций шахтных отвалов, которые могут носить катастрофический характер, разделяют на природные (геологическая и гидрологическая обстановка, действие силы тяжести, воды, ветра, солнечной энергии) и искусственные, вызванные деятельностью человека (вид транспортировки отвальных масс, план ведения горных работ на шахте и отвале, порядок формирования отвала, схемы рекультивации).

К характерным горно-геологическим явлениям на отвалах угольных шахт относятся термические оползни-обрушения и выбросы породы. Основная причина этих процессов - горение отвальных масс. В зависимости от условий возникновения различают три вида термических оползней-обрушений (табл.1.6). Выбросы породы происходят под действием пара, образующегося в теле отвала (пустотах, трещинах) при попадании туда воды.

Все перечисленные виды деформаций породных отвалов угольных шахт и сопутствующих им процессов (выделение ядовитых и вредных газов) представляют серьезную опасность для обслуживающего персонала, оборудования, сооружений, окружающей среды. Поэтому предупреждение подобных горно-геологических явлений - одна из важнейших задач горного производства.

По конфигурации различают конусные, хребтовые, секторные, плоские отвалы, при этом наиболее распространенной формой, по данным П.А.Леонова и Б.А.Сурначева является коническая - 93,4%.

Как свидетельствует опыт отвалообразования, горению в основном подвержены отвалы конусной формы. Поэтому в последнее время отсыпка таких отвалов запрещена, а на имеющихся объектах проводят работы по тушению, понижению их высоты и переформированию. Складирование техногенных масс производят сейчас преимущественно в отвалы плоской формы.

ТАБЛИЦА 1.6.

ВИДЫ ТЕРМИЧЕСКИХ ОПОЛЗНЕЙ-ОБРУШЕНИЙ
(ПО П.А.ЛЕОНОВУ И Б.А.СУРНАЧЕВУ)

Виды термических оползней-обрушений	Краткая характеристика	Основные условия возникновения
1. Сухой	Возникает в ясную погоду, иногда при слабых осадках. Отвальная масса перемещается из откосов за контур основания отвала с образованием полости в виде циркообразной воронки и облака раскаленной породной и горячей угольной пыли. Образование воронки сопровождается обрушением пород у ее кромки.	Нарушение равновесия пород отвала вследствие изменения после обжига сцепления и угла внутреннего трения.
2. Ливневый	Возникает в сильный ливневый дождь. Перемещение отвальной массы из откосов за границу основания отвала сопровождается образованием полости (в виде циркообразной воронки).	Нарушение равновесия пород отвала под воздействием воды, проникшей в раскаленные массы пород
3. Термический выброс	Возникает в сильный ливневый дождь. При попадании воды внутрь отвала происходит выброс (от давления пара) с образованием воронки. Затем вода через воронку проникает в раскаленные участки отвала и происходит оползень.	Наличие в теле породного отвала полостей или трещин, способствующих возникновению первоначального выброса; нарушение равновесия пород отвала под воздействием воды, проникшей в раскаленные породные массы.

По сообщению А.Ю.Дриженко, переход на складирование пород в плоские отвалы практически полностью завершился в Карагандинском, Кузнецком и Печерском угольных бассейнах. В результате этого не только уменьшился отвод земельных площадей, но и значительно возросла производительность труда, созданы безопасные условия для производства отвальных работ.

Предупреждению самовозгорания отвалов способствует улучшение технологий выемки и обогащения угля, послойное скла-

дирование пород, уплотнение или засыпка пористых участков негорючим материалом (песок, глина, глинистые и песчаные сланцы, зола). Независимо от вида транспорта и отвального оборудования, плоские породные отвалы, согласно правилам безопасности формируют слоями: не более 1 м на индивидуальных отвалах; 0,75 м - на общем отвале для шахты и обогатительной фабрики; 0,5 м - на индивидуальном отвале обогатительной фабрики; для породных отвалов сланцевых шахт мощность слоя не должна превышать соответственно 2; 1,5 и 1 м для вышеперечисленных типов отвалов.

В качестве отвального оборудования распространение получили бульдозеры, используемые при складировании несамовозгораемой породы. Схема породного бульдозерного отвала представлена на рис. 1.6а.

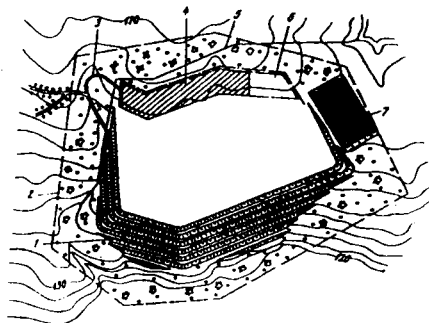
Технология складирования пород, склонных к самовозгоранию, предусматривает устройство по периметру отвала грунтовой призмы, к которой затем выгружают породу из автосамосвалов плотно прилегающими друг к другу конусами (рис. 1.6б). Отсыпанный слой планируют бульдозером до проектной мощности с частичным перемещением и уплотнением за счет движения транспортных средств. Сформированный участок при необходимости увлажняют, уплотняют катками и покрывают сплошным слоем инертного материала мощностью 0,2-0,3 м с последующим уплотнением; откосы формируют под углом не более 32-33° и покрывают почвенной массой мощностью не менее 0,3 м.

Схема формирования породных отвалов в балках представлена на рис. 1.6в.

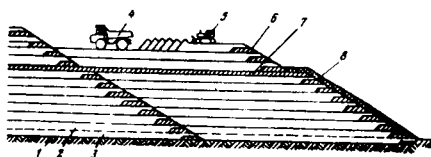
Для снижения затрат на складирование пустых пород и минимального отчуждения земель при строительстве отвалов рядом проектных организаций (Южгипрошахт, ДонУги) предлагается группирование и централизация породного хозяйства угольных шахт.

Около тысячи породных конусных и хребтовидных отвалов, в которых размещено более 1 млрд. м³ породы, находится на территории Украины. Свыше половины отвалов действующие, многие из них горят. Основным мероприятием для предотвращения их отрицательного воздействия на окружающую среду, кроме централизации и тушения, является приведение их в состояние, пригодное для использования, в первую очередь - в сельскохозяйственном направлении.

а)



б)



в)

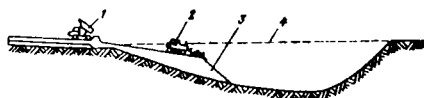


Рис. 1.6 Принципиальная схема формирования породных отвалов угольных шахт (по А.Ю.Дриженко)

а) Схема бульдозерного отвала:

1 - проектный контур отвала; 2 - граница санитарной защитной зоны; 3 - автодорога; 4 - отработанная часть карьера; 5 - нагорная канава; 6 - площадка карьера инертных материалов; 7 - склад почвенного слоя

б) Схема формирования отвала из пород, склонных к самовозгоранию:
1 - земная поверхность; 2 - породы; 3 - снятый почвенный слой; 4 - автосамосвал; 5 - бульдозер; 6 - призма из инертного материала; 7 - слой инертного материала; 8 - почвенная масса

в) Схема засыпки балки пустыми породами:

1 - автосамосвал; 2 - бульдозер; 3 - пустая порода; 4 - контур засыпки

Проводившиеся в Кизеловском угольном бассейне исследования (Н.Г.Максимович и др.) показали, что разработка месторождений сопровождается длительным негативным воздействием на геологическую среду, обусловленным перемещением значительных объемов горных пород. В шахтных отвалах породы подвергаются интенсивному выветриванию под воздействием окисления, растворения, гидролиза, при этом интенсивное окисление в ряде случаев приводит к возгоранию отвалов. Атмосферные осадки, взаимодействуя с породными отвалами, обогащаются растворимыми соединениями. Стоки с отвалов характеризуются сильноокислой реакцией среды ($\text{pH} = 1-3$), высокой концентрацией сульфат-иона (до 30 г/л), железа (до 8 г/л) и минерализацией до 50 г/л . Инфильтрация стоков с отвалов и шахтных вод в зону аэрации отражается на химическом составе подземных вод, физико-механических и фильтрационных свойствах грунтов. Воды приобретают агрессивность к бетону, активизируются инженерно-геологические процессы: карст, суффозия, оползни и другие.

В качестве эффективной меры борьбы с негативными процессами признано создание искусственных геохимических барьеров. Исследования показали возможность использовать в качестве нейтрализующих реагентов щелочные отходы, образующиеся при переработке калийных солей расположенного вблизи Верхнекамского месторождения, а также дробленые карбонатные породы, залегающие в надугольной толще.

Как известно, отходы химического сырья занимают большие площади и существенно изменяют состав подземных и поверхностных вод за счет проникновения в них соединений из отходов, и реагентов флотации. На калийных предприятиях в результате обработки руды в отходы попадают галитовая рыхлая масса и соляно-глинистая пульпа с примесями химических реагентов. Из галитовых отходов формируют солеотвалы высотой более 100 м при угле откоса $40-50^\circ$ в начале отсыпки и $20-25^\circ$ после длительного воздействия атмосферных осадков. Эти отвалы являются постоянным источником засоления почв, пород, подземных и поверхностных вод.

Химический состав солеотходов характеризуется преобладанием NaCl ($85-95\%$) и примесями KCl ($3-9\%$), CaCl_2 , MgSO_4 . Жидкая фаза представлена насыщенным хлоридно-натриевым рассолом плотностью 1.23 г/см^3 . Из этой массы в теле солеотвала формируется особая порода высокой плотности и прочности. Исследования И.П. Иванова показали, что в разных зонах по глубине рассолосодержание изменяется от 6 до 12% , пористость - от 25 до 40% (впоследствии происходит заполнение пор и омоноли-

чивание)), угол внутреннего трения $> 40^{\circ}$, сцепление - 0,15 до 1,0 МПа и более.

Формирование прочности солесотходов начинается непосредственно после попадания их в солесотвал. Основными факторами, под влиянием которых происходит изменение свежесыпанного материала, являются: давление от собственного веса, вытеснение жидкой фазы (первичной рапы) и высыхание. На различных глубинах преобладают различные факторы, поэтому и формирующееся новое геологическое тело имеет различную плотность, рассолонасыщенность и прочность. Минимальной прочностью, за счет одного только трения, солевая смесь будет обладать в момент попадания в солесотвал при почти полном рассолонасыщении; уплотнение в водонасыщенном состоянии несколько увеличит прочность, но она будет складываться опять же, главным образом, из трения. Существенное увеличение прочности за счет сцепления происходит при высыхании, которое имеет место в приповерхностной зоне небольшой мощности. Увеличение же прочности вглубь массива солесотвала за счет уплотнения и кристаллизации солей из рассолов наступит гораздо позже достижения максимально возможной технологической высоты отсыпным горизонтом.

Следовательно, устойчивость отдельных горизонтов будет обеспечиваться прочностью только за счет трения, характерного для солевой массы в момент попадания в солесотвал.

Опозневые явления на откосах солесотвалов происходят, главным образом, из-за наличия слабых пород в их основании (чаще всего торфяные залежи или заболоченные земли) или по слабому контакту, каким является глинистый экран под телом солесотвала.

Неуплотненная водонасыщенная пластичная глина экрана в момент отсыпки практически не обладает трением и устойчивость отвала определяется незначительной величиной сцепления C , которая по данным И.П.Иванова не превышает 2 т/м^2 . В этих условиях критическая высота отвала достигает 12-14 м, после чего по слабому глинистому основанию начинаются оползневые деформации контактного типа, которые приводят к нарушению сплошности экрана и образованию нового контакта - солесотвал-грунтовое основание.

Таким образом, при наличии глинистого водонасыщенного пластичного экрана трение на контакте отсутствует и предельная высота отсыпаемого отвала составит:

$$H_{пр} = 6,8 C_{осн}$$

Резкое увеличение устойчивости солеотвалов происходит при наличии трения в грунте основания более 10^0 . Это условие и определяет требования к предохраняющим экранам под солеотвалами.

На устойчивость солеотвалов большое влияние оказывает поток рассола, фильтрующийся откосом. Коэффициент запаса устойчивости откосов с учетом влияния гидростатического и гидродинамического давлений для отвалов высотой 100 и 200 м уменьшается на 30-40%.

Исследования также свидетельствуют, что солеотходы обладают высоким углом внутреннего трения и поэтому высота солеотвалов на устойчивом основании будет зависеть от технологических условий отвалообразования. В связи с этим, возникает вопрос о возможности совместного складирования солей и глин, являющихся отходами производства. Естественно, что более неблагоприятные условия возникают при возведении отвала, когда подаваемый материал представляет собой сыпучую массу повышенной влажности. Со временем в солеотвале будет формироваться новое тело с определенным сцеплением без существенного изменения трения.

Шламохранилища для складирования соляно-глинистых отходов, в отличие от гидроотвалов имеют в основании непроницаемый экран. Шламы представляют собой суспензию глинистых и карбонатных частиц в концентрированных рассолах, состав которых зависит от технологии производства и состава исходной руды; например, рассолы комбинатов «Белорускалий» и «Уралкалий» хлоридно-натриевые - с минерализацией 190-250 г/л. Во всех рассолах обычно содержатся токсичные вещества.

Проблема экологической безопасности в районах разработки химического сырья сводится не столько к строительству непроницаемых экранов, сколько к уменьшению площадей, занимаемых солеотходами. Как считает И.П.Иванов, эта проблема может быть решена за счет: а) селективной отработки рудоносной залежи; б) закладки выработанного пространства солеотходами; в) увеличения высоты солеотвалов; г) совместного складирования галитовых отходов и глинистых шламов; д) строительства шламохранилищ на солеотвалах; е) складирования галитовых отходов на участках старых шламохранилищ.

3. Устойчивость и уплотняемость системы «насыпь-основание»

Состояние насыпных массивов определяется *физико-географическими, геологическими, инженерно-геологическими и технологическими факторами*. К наиболее характерным инженерно-геологическим особенностям пород отвалов и их оснований относятся: нарушенность структуры пород в теле отвала, обуславливающая снижение их прочности по сравнению с естественным залеганием; самовыполаживание откосов; изменение прочности отвальных пород во времени; возникновение в водонасыщенных глинистых породах отвалов и их оснований порового давления, способствующего развитию оползней различных типов.

Для отвальных пород характерна неоднородность по плотности, которая обычно является функцией времени стояния отвала и увеличивается с глубиной под действием веса вышележащих пород. Полученные на основании натурных наблюдений данные о влиянии фактора времени на уплотнение пород в отвалах показывают, что наиболее интенсивно осадка отвальных пород развивается в течение 1-3 мес. и практически затухает через 1,5-2 года после отсыпки. Скорость уплотнения отвальных масс зависит от их литологического состава и способа формирования отвалов. Для прогноза уплотнения отвальных насыпей во времени используются преимущественно эмпирические зависимости; теоретическая оценка процессов уплотнения отвальных насыпей (двумерная задача) дана Шлоссером.

Уплотнение квазиднофазных пород связывается с вязким трением минеральных частиц (ползучестью минерального скелета). Пластическая деформация породы при этом обуславливается необратимыми сдвигами (перекомпоновкой) минеральных частиц и разрушением связей между ними. Изменения во времени состояния отвалов твердых пород определяются поведением их основания, оцениваемого по результатам инженерно-геологических изысканий как прочное и слабое.

Процесс постепенного выполаживания откосов смешанных отвалов рассматривался немецкими исследователями при помощи реологических моделей. Для описания поведения отвальных масс принято тело Бингама, которое сначала проявляет упругие свойства твердого тела, а затем, по достижении усилием некоторого предельного значения, превращается в жидкое тело, характеризующееся вязким течением, скорость которого возрастает с

увеличением внешнего усилия. Установленные критические скорости деформации (течения) глинистых пород использованы для контроля устойчивости отвала карьера «Перес» (Германия).

Уплотнение слабоструктурных водонасыщенных двухфазных - (минеральный скелет + вода) пород тела и основания отвалов происходит за счет отжатия воды из пор. Нагрузка от вышележащих отвальных масс распределяется между поровой водой и минеральным скелетом и для любого момента времени справедливо соотношение

$$P = P_{эф} + P_v$$

где P — полное давление;

$P_{эф}$ — эффективное давление, действующее через точки и площади контактов минеральных частиц;

P_v — нейтральное давление, передаваемое через поровую воду, в которой создается напор и возникает фильтрация (если величина нейтрального давления больше гидростатического, его называют поровым давлением P_u).

Величина возникающего в поровой воде давления зависит от скорости приложения нагрузки, и определяет переход породы в неустойчивое состояние. По мере уплотнения и оттока воды к зонам с пониженным давлением или дренажем, сопротивление породы сдвигу возрастает. Необходимое по условиям устойчивости понижение избыточного порового давления (ускорение фильтрационной консолидации) требует либо селективной (раздельной) отсыпки пород, либо специальных дренажных мероприятий в породах основания (в частности, использования «песчаных свай»).

К числу важнейших технологических факторов, определяющих поведение пород при отвалообразовании и возможность управления отвалами, относятся высота и конфигурация отвальных откосов, длина и скорость подвигания отвального фронта, темп отсыпки отвала, дифференциация пород в процессе их размещения в отвале.

Перечисленные технологические факторы взаимосвязаны и должны рассматриваться применительно к конкретным схемам отвалообразования. Так, скорость подвигания фронта отвала при фронтальной отсыпке характеризует темп роста породной нагрузки, а при блоковой отсыпке — время стояния откоса до укладки в отвал пород следующей заходки.

Применительно к условиям фронтальной отсыпки в Восточной Германии (бывш. ГДР) проведены исследования взаимосвязи устойчивости откосов и скорости нагружения оснований мостовых, абзетцерных и плужных отвалов на бурогольных карьерах, где неоднократно возникали крупные оползни отвалов, которым предшествовало и сопутствовало выдавливание глинистых водонасыщенных пород их оснований.

Скорость нагружения определяется темпом подвигания фронта и характеризует величину нагрузки (давления) на основание и изменение ее во времени. Темп роста нагрузки от отвала существенно влияет на величину сопротивления пород сдвигу и на устойчивость отвальных откосов. Скорость подвигания фронта работ обычно рассматривается для годовых, месячных и, в особых случаях, для суточных периодов.

Производительность отвалообразователя, высота отвала и ширина заходки существенно различаются при работе транспортно-отвальных мостов, абзетцеров и отвальных плугов.

Скорость передвижения моста достигает 8 м/мин, уменьшение ее приводит к значительному росту объема пород на 1 м длины отвального фронта. На величину средней скорости нагружения при заданных производительности отсыпки и профиле откоса влияют также ширина заходки (шаг передвижки) и длина отвального фронта. Регулировкой этих параметров достигается благоприятных условий нагружения, создавая постепенную нагрузку пород почвы угольных пластов, являющихся основанием отвалов, а также обеспечивают ступенчатую форму отвального откоса за счет создания предотвалов. Установлено, что высота предотвала должна составлять 0,2, а ширина бермы предотвала - 1,2 общей высоты отвала. Сооружением предотвала создается упорная призма, препятствующая сдвигу породных масс основного отвала и выдавливанию основания отвала.

Рядом преимуществ обладает длинный фронт с параллельным подвиганием. Например, средняя скорость нагружения, составляющая при веерном подвигании фронта $4,13 \cdot 10^{-3}$ кгс/см²·ч, при длине фронта $L_{\phi} = 2000$ м и годовой производительности $П_{\Sigma} = 30$ млн.м³/год уменьшается более чем в два раза при параллельном подвигании фронта длиной 4000 м.

Применение путепередвижателей непрерывного действия несколько улучшает условия нагружения, но, отнюдь, не компенсирует недостатки короткого фронта с веерным подвиганием.

Скорости нагружения оснований мостовых отвалов на карьерах Германии изменяются от $2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}$ до $11 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = -3$ кгс/см²·ч.

Скорость нагружения основания отвала абзетцера As 2240 (верхней и нижней отсыпки) при длине фронта 1300 м, угле откосов 32° , плотности разрыхленной породы $1,65 \text{ т/м}^3$, высоте нижнего отвального уступа 25 м и верхнего - 13 м, скорости подвигания фронта 40 м/месяц составляет для системы откосов $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{ч}$ и для нижней отсыпки $5,65 \cdot 10^{-3} \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{ч}$. При нижней отсыпке (производительность $2150 \text{ м}^3/\text{ч}$) скорость нагружения для периода между двумя передвижками достигает $131 \cdot 10^{-3} \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{ч}$, что примерно в 21 раз превышает среднюю скорость нагружения.

Нагрузка на основание обычно невысоких плужных отвалов ниже, чем для мостовых и абзетцерных отвалов. Темпы подвигания плужных отвалов весьма значительны. При длине фронта 1100 м, высоте 6 м и угле откоса 33° подвигание плужного отвала № 3 карьера «Скадо» составляло 800 м/год при шаге передвижки 2,5 м, а скорость нагружения для одного периода отсыпки $0,2 \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{ч}$. Высокие скорости нагружения при малой высоте откосов плужных отвалов не вызывают существенного ухудшения их устойчивости.

На бытовое горнодобывающих предприятий цветной металлургии СНГ получило распространение бульдозерное отвалообразование совместно с автомобильным транспортом. Отсыпаемые отвалы слагаются, в основном, скальными и полускальными породами с высокими прочностными характеристиками в массиве, и, в небольшом объеме, слабыми песчано-глинистыми породами и породами зоны выветривания. Применяется, преимущественно, периферийное отвалообразование, при котором автосамосвалы разгружаются по периферии отвального фронта в непосредственной близости от верхней бровки отвального откоса или под откос. Площадное отвалообразование, при котором автосамосвалы разгружают породу на значительном удалении от отвального откоса, используют для складирования слабых пород и на участках верхних площадок отвалов, подверженных деформациям.

На многих карьерах этой группы параметры отвалов (ярусов) не рассчитываются, принимаются по аналогии с действующими карьерами или на основании опыта. Особенно это характерно для случаев отсыпки отвалов на наклонное основание в условиях гористой и резко пересеченной местности. В одних и тех же горно-геологических условиях высоты отвалов различаются в два и более раза.

В расчетах тело отвала по всей высоте рассматривается как однородная среда, характеризующая усредненными показателями сопротивления пород сдвигу, вследствие чего оказывается заниженной предельная высота отвалов скальных и полускальных пород. Это

влечет за собой снижение экономических показателей отвалообразования, связанное с увеличением путей транспортировки пород и задалживанием излишних площадей земельного отвода. В то же время практика ведения отвальных работ на ряде карьеров показывает, что при отсыпке скальных пород на устойчивое основание высота отвалов может быть увеличена в 1,5-2 раза без нарушения технологического процесса и с соблюдением безопасного ведения работ.

Разделение (сегрегация) пород по крупности кусков (частиц) при отвалообразовании происходит практически на любом отвале (экскаваторном, плужном, бульдозерном и т.д.), где разновидности пород вскрышной толщи отличаются друг от друга способностью дробиться на куски. Скатываясь по откосу, крупные глыбы и куски пород располагаются в нижней его части, а песок и мелкие куски остаются в верхней и средней частях отвала. Этот процесс, наблюдающийся на отвалах пород различной крепости (скальных, полускальных, мягких), снижает устойчивость отвала лишь тогда, когда во вскрышной толще присутствуют породы с низкой сдвиговой прочностью или способные в значительной степени снижать ее при наличии источников дополнительного увлажнения и отличающиеся к тому же слабо выраженной склонностью к дроблению при экскавации и перемещении в отвал (например, пластичные глины). Скапливаясь в нижней части откоса, они образуют ослабленный слой, ограничивают высоту отвала при определенном угле его откоса. При складировании скальных пород угол откоса уменьшается сверху вниз и становится меньше угла внутреннего трения пород у основания. Так, например, для отвала № 1 Ковдорского ГОКа высотой 100 м угол внутреннего трения равен 43° , а угол откоса у основания яруса имеет $33-35^{\circ}$. В процессе естественного выполаживания увеличивается устойчивость складированных пород.

Инструментальные наблюдения за внутренним отвалом карьера № 1 НКГОКа высотой 174 м показывают, что у его подошвы накапливается 38-46% кусков крупностью 0,4-1,2 м. Выше по склону их количество уменьшается, все в большей степени начинает преобладать фракция размером 0,4 м и менее. На середине откоса отвала находится около 24-27% крупных кусков. На расстоянии 30 м от верхней площадки их практически нет, а количество фракций размером 0,4-0,6 м не превышает 12-17%. Вдоль поверхности откоса, на различном расстоянии от верхней площадки, распределены куски плитообразной формы. В нижней части накапливаются в основном куски округлой формы. Угол откоса изменяется от $40-41^{\circ}$ в верхней части отвала до $34-35^{\circ}$ в нижней. По истечении некоторого времени на верхней площадке отвала у верхней бровки появляются трещины и заколы, нависающая часть породы медленно оползает по откосу

вниз, после чего поверхность его стабилизируется. Аналогичное распределение породы по фракционному составу и процессу сдвижения наблюдается и на отвальных ярусах меньшей высоты.

Сегрегация пород наиболее влияет на устойчивость отвалов при валовом отвалообразовании (без селективной выемки и размещения пород) на месторождениях с песчано-глинистой вскрышной толщей, разрабатываемой, например, транспортно-отвальным мостом без станций промежуточной отсыпки или шагающими экскаваторами. Она может происходить и при других видах отвального оборудования.

Повышению устойчивости и вместимости отвалов способствуют такие мероприятия, как получение достоверных характеристик отвальных пород, улучшение их прочностных свойств и увеличение параметров откоса, слоевая укладка разнопрочных пород в один отвал, применение рациональной формы отвода. Вместимость отвалов может быть также повышена за счет оптимизации их параметров, включающей установление наиболее правильного сочетания высоты и угла (H , α) откоса, рациональной формы отвода при заданной его площади и геометрии откоса.

Для каждой комбинации этих показателей существует свой оптимальный коэффициент формы отвода. По имеющимся данным (С.И. Попов и др.), например, для пород с углом внутреннего трения $\varphi = 17^\circ$ устойчивая высота отвала может быть увеличена с 20 до 40 м при одновременном уменьшении угла откоса с 35 до 25° и позволяет повысить его вместимость на 20–30% без увеличения площади отвода.

Для отвалов, расположенных на наклонном основании, имеются зависимости вместимости отвала от прочности пород и характеристик отвода; определенным устойчивым значениям H и α соответствует коэффициент формы отвода, при котором достигается максимальная вместимость отвала. Чем больше устойчивая высота откоса, тем меньше оптимальный коэффициент формы отвода и больше максимальная вместимость отвала (рис.1.7). Значительного увеличения вместимости отвала можно добиться при достижении оптимального соотношения между устойчивыми параметрами откоса за счет упрочнения отвальных пород или формирования прочностной структуры массива отвала, соответствующей оптимальным устойчивым значениям его высоты и угла откоса.

Экспериментальные исследования на руднике «Молодежный» Учалинского ГОКа показали (С.И. Попов и др.), что влажность слабящих отвал пород, представленных делювиальными глинами с небольшой примесью (до 6%) скальных пород, изменяется от 20 до 40%; с увеличением высоты отвала влажность горных пород снижается, наиболее влажными являются породы в основании сооружения.

Измерения еще раз показали влияние влажности на прочность глинистой горной массы: так, угол внутреннего трения пород в диапазоне нормальных напряжений 0-0,4 МПа изменялся в пределах от 5 до 20°, сцепление - от 0,04 до 0,1 МПа; расчетами параметров откоса отвала установлено, что оптимальные значения его высоты изменяются в диапазоне 12 - 70 м.

При валовой отсыпке скальных и полускальных пород деформация отвала может наблюдаться при высоте откоса более 25 м. Если производить совместную отсыпку скальных пород с глинами, устойчивая высота откоса снижается до 12-15 м. Раздельное складирование резко отличающихся прочностными свойствами пород по разработанным схемам отвалообразования позволяет увеличивать параметры отвалов. Схемы селективного складирования позволяют не только сократить площади, отводимые под отвалы, но при необходимости обеспечить извлечение различных пород в любой момент времени, а также создать условия для производства отвальных работ с гарантированной устойчивостью откосов при значительных колебаниях прочностных свойств пород.

Преимущества раздельных схем отвалообразования наиболее полно проявляются при увязке режима отвалообразования с режимом выемки различных литологических типов пород в карьерах.

При выемке рыхлых пород целесообразно применять способ отвалообразования, заключающийся в формировании по фронту отвала опережающих насыпей, создающих пригрузку по подошве отвального откоса. Устойчивость опережающих насыпей обеспечивается за счет их формы и обусловлена «эффектом заземления», поскольку по боковым сечениям в направлении продвижения отвала высота насыпей и углы откосов меньше, чем по центральному сечению, следовательно, и устойчивость отвала на этих участках выше. Формирование насыпей позволяет увеличить на 20-30% высоту отвалов. Такую конструкцию откоса можно использовать при складировании пород на склонах холмов, с тем чтобы не вести поярусное отвалообразование.

Опережающие насыпи можно применять в качестве укрепительных сооружений для локализации оползней и повышения устойчивости отдельных участков борта карьера. Этот способ используется при отсыпке пород в отработанный карьер «Объединенный» Учалинского ГОКа. На одном из участков борта, для предотвращения сдвижения его неустойчивой верхней части при нагружении отвальными породами, проектом предусмотрена отсыпка опережающих насыпей. На другом участке борта карьера осуществлялась локализация оползней высоких (до 70 м) экскаваторных отвалов.

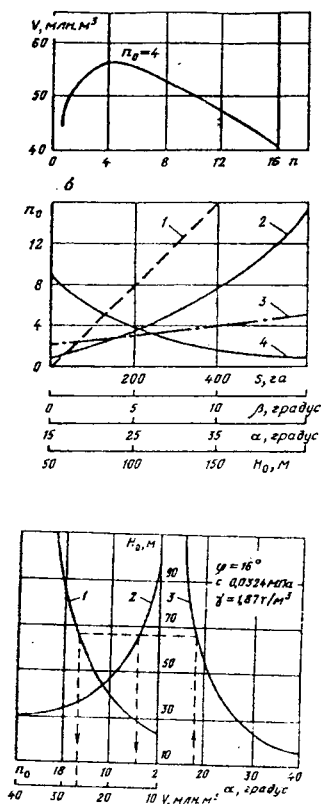


Рис. 1.7 Влияние формы отвала и параметров отвала на его вместимость (по С.И. Попову и др.)

а) Зависимость вместимости отвала V от коэффициента формы отвала $n(\alpha)$ и оптимального коэффициента формы отвала n_0 от параметров отвала (б); площади S (1) и угла наклона β (2) основания, угла откоса α (3) и высоты отвала H_0 (4)

б) Зависимость максимальной вместимости отвала V (1) и оптимального коэффициента формы отвала n_0 (2) от устойчивых параметров откоса отвала H_0 и α (3)

В период разработки месторождения, когда извлекаются преимущественно рыхлые породы, а скальные и полускальные породы - в сравнительно малых объемах, увеличения параметров откосов отвала можно достичь за счет применения скальных упорных призм. В зависимости от строения основания отвала и типа отсыпаемых пород можно использовать упорные призмы различных форм и размеров: насыпные контрфорсы, заглубленные призмы (рис. 1.8а).

Увеличение параметров отвала (до необходимых значений угла откоса, высоты отвала и его вместимости) достигается путем замещения части слабых глинистых пород в призме упора более прочными скальными породами, которые, обладая большей сопротивляемостью сдвигу, чем глины, при одинаковых сжимающих нагрузках способны увеличивать силы, удерживающие откос от обрушения. Возникшая при этом дополнительная удерживающая сила и коэффициент запаса устойчивости отвала η зависят от ширины упорной призмы B , ее высоты h и месторасположения относительно нижней бровки отвала M (см. рис. 1.8б).

Для сооружения заглубленных призм в приоткосной зоне отвала требуется меньший (в 5-10 раз) объем скальных пород, чем при отсыпке контрфорсов, что важно в начальный период разработки месторождения, когда ощущается недостаток в скальных породах, необходимых для строительства дорог и проведения укрепительных работ.

Схема отвалообразования со скальными заглубленными призмами, опробованная при строительстве карьера «Молодежный» (Учалинский ГОК), позволила увеличить высоту отвала на 20-30 м, а его вместимость - в 1,5 раза. Исследования показали, что скальные и рыхлые вскрышные породы целесообразно складировать раздельно, чередуя отдельные слои пород с различными прочностными свойствами.

Приведем наиболее интересные примеры влияния технологии отвалообразования на устойчивость откосных сооружений. В опубликованной в 1954 г. книге Н.В. Мельникова «Механизация отвальных работ на открытых разработках» дана оценка опыта применения механических лопат на отвалах рудных карьеров. Так, систематические оползни отвалов разрезов треста «Волчанскуголь» потребовали изменения схемы отсыпки отвала. Вначале отсыпался нижний подступ на горизонте установки экскаватора длиной по фронту до 100 м. С наружной стороны уступа отсыпался породный конус, высота которого совпадала с отметкой рельсов железнодорожных путей.

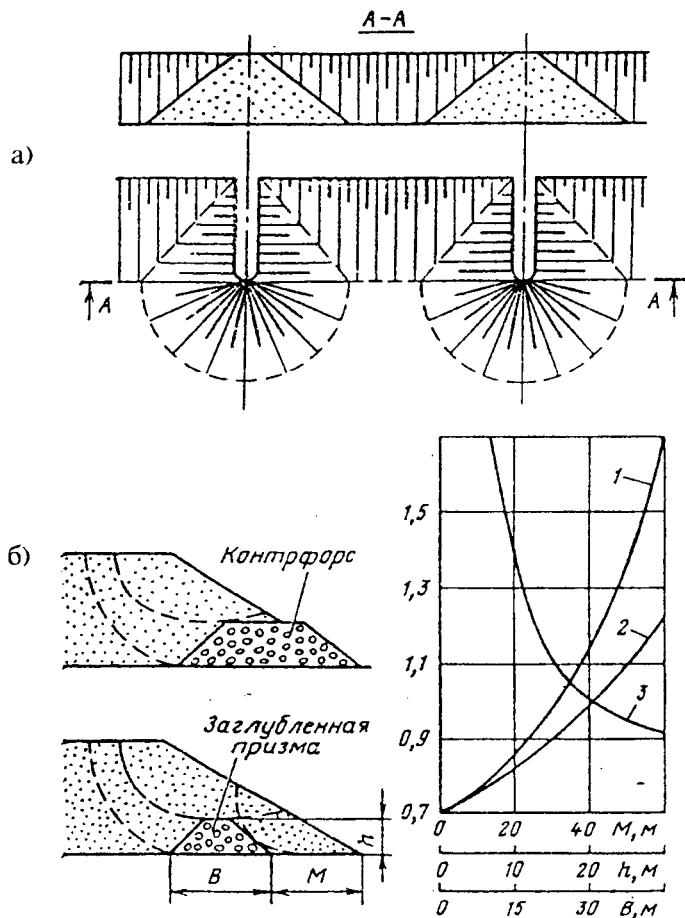


Рис. 1.8 Виды упорных призм (по С.И.Попову и др.)

а) схема отвала с опережающими насыпями;

б) профили отвалов с контрфорсом и заглубленной призмой (1) и графики зависимости коэффициента запаса устойчивости отвала η от основных параметров призмы (2): высоты h (1), ширины B (2) и месторасположения относительно нижней бровки отвала M (3)

Затем экскаватор возвращался к начальному положению и отсыпался верхний подступ от разгрузочного пути к породному конусу. За это время деформации, как правило, стабилизировались. Схема работы с отсыпкой вначале только одного нижнего подступа предоставляла машинисту экскаватора возможность маневрировать в случае возникновения подвижек в зоне его действия. Подмеченное Н.В.Мельниковым влияние технологии отсыпки отвалов на устойчивость стало основой для многих последующих инженерных решений по совершенствованию технологии отвалообразования и управлению устойчивостью отвалов.

В ряде случаев, при складировании слабоустойчивых и просадочных пород, перемещаемых жеелезнодорожным транспортом, применяли экскаваторы-драглайны: такой способ отсыпки отвалов приводит к значительному увеличению высоты отвала и шага передвижки путей, а также коэффициента использования экскаватора за счет одновременной разгрузки вагонов. Оптимальная схема работы драглайна на отвале была предложена для условий Соколовского и Сарбайского карьеров, разрезов Кузбасса и Каджаранского карьера. Например, при отсыпке внешних отвалов из скальных пород, доставляемых автомобильным транспортом в условиях горного рельефа, разработана схема механизации отвальных работ с применением экскаватора-драглайна ЭШ-15/90; высота яруса составила 60 м при общей высоте отвала 240 м.

Для условий Райчихинского бурогоугольного месторождения (Дальний Восток) оценивалась устойчивость отвалов песчано-глинистых пород. Здесь частые оползни усложняли применение бестранспортной системы разработки. Результаты комплексных полевых, лабораторных и теоретических исследований, проведенных ИГД им. А.А. Сковинского позволили установить предельные значения высоты ярусов отвалов - 23, 28 и 38 м при углах естественных откосов 34-35° и углы устойчивых откосов двух - и трехярусных отвалов 26-31° при общей высоте отвалов от 30 до 80 м. Рекомендации обеспечили возможность дальнейшей разработки Райчихинского месторождения по наиболее экономичной бестранспортной системе разработки.

Применение бестранспортной системы разработки на пластах с пологим падением требует обеспечения устойчивости внутренних отвалов при технологически целесообразных их параметрах. Особенно актуально это для условий Кузбасса, где наметилась устойчивая тенденция снижения удельной доли бестранспортной системы разработки (с 29 до 23%).

Исследования ИГД им. А.А. Скочинского проводились на разрезе «Красногорский», где применяется комбинированная система разработки: бестранспортная - на нижних пластах и транспортная - на верхних с вывозкой породы автомобильным транспортом во внешние отвалы. Вскрышные породы - преимущественно песчаники на кремнистом и глинистом цементах (65-70%), а также алевролиты и углистые аргиллиты, коэффициент крепости пород по Протодяконову изменяется от 4 до 12. Натурные наблюдения показали, что оползни внутренних отвалов происходят только при залегании в их подошве слабых пород.

В результате проведенных лабораторных и полевых исследований, а также расчетов была доказана возможность отсыпки устойчивых отвалов на основании с углом наклона до 20° и подрезки ярусов отвалов на всю их высоту, но не более 35 м под углами, превышающими естественные углы откосов отвалов и достигающими $45-50^{\circ}$.

Устойчивость отвалов обеспечивается при залегании в основании пласта прочных пород с углом падения до 15° . Если угол падения пласта превышает 15° , то для сохранения устойчивости отвалов необходимо устройство в почве пласта выемок специального профиля. Выемки располагают таким образом, чтобы после отсыпки отвала они находились в его подошве вблизи нижней бровки. При этом коэффициент запаса устойчивости нижнего яруса увеличивается почти в 2 раза, а отвала в целом - на $1/3$. Выемки в почве пласта создают буровзрывным способом с применением заряда с воздушными полостями. Удорожание работ по укреплению почвы пласта значительно перекрывалось снижением затрат по вскрыше вследствие применения бестранспортной системы разработки на нижних горизонтах.

Если в почве залегает пласт слабых пород (углистый алевролит или аргиллит) небольшой мощности (1-2 м) его предварительно нужно удалить, после чего отсыпать внутренние отвалы. При залегании в почве пласта слабых пород значительной мощности (более 5 м), когда их выемка неэкономична, целесообразно поворачивать фронт работ под углом к простиранию так, чтобы угол падения пластов в направлении, перпендикулярном фронту работ, не превышал 8° . В этом случае поверхность разрушения не пройдет по контакту, сопротивление сдвигу по которому меньше, чем в породах отвала.

Расчетами определены граничные значения параметров устойчивых отвалов: предельный угол падения пластов $20-21^{\circ}$, максимальная высота отвалов 140 м, предельный результирующий угол откоса 37° , угол подрезки яруса $45-50^{\circ}$ при его высоте до 35 м.

Полученные результаты были рекомендованы для использования и на других разрезах южной части Кузбасса - на «Сибиргинском», «Томусинском», «Мсждуреченском», «Байдаевском» и проектируемом «Талдинском».

Применительно к крупнейшему в Кузбассе Талдинскому месторождению была решена задача рационального размещения бестранспортных и внутренних транспортных отвалов. Ближайшие площадки, пригодные для отсыпки отвалов, отстоят от Талдинского разреза не менее, чем на 10-15 км, что существенно снижает экономические показатели предприятия.

Одним из эффективных вариантов разработки может быть схема комбинированного внутреннего отвалообразования с частичным использованием выработанного пространства.

К тому времени, когда горные работы достигнут замковой части мульды, занимающей значительную часть Талдинского месторождения, на бестранспортные отвалы, образовавшиеся при разработке нижнего пласта 72-73, можно будет укладывать транспортную вскрышу разреза «Талдинский».

Расчет допустимых по условиям устойчивости параметров внутренних отвалов показал, что опережение между транспортными и бестранспортными отвалами должно составлять 85-100 м. С учетом опережения и высоты яруса 70 м, результирующий угол откоса отвала равен 23° , а максимальная общая высота отвалов - 280 м. Такие параметры отвалов обеспечивают их общую устойчивость с коэффициентом запаса 1,32.

Опыт разработки пологих угольных пластов с внутренним отвалообразованием свидетельствует, что на устойчивость отвалов рыхлых пород влияет состояние поверхности их основания. Контакт пород основания с отвальной массой зачастую является поверхностью разрушения при оползневых деформациях внутренних отвалов.

Известные способы предотвращения контактных оползней отвалов - уменьшение высоты и угла откоса сооружения, как правило, снижает эффективность бестранспортной системы разработки.

Так, на угольных разрезах Приморья «Реттиховский» и «Павловский №1» контактные оползни отвалов стали существенным препятствием для развития бестранспортной системы разработки. Ввиду значительных объемов отдельных оползней, достигавших 250-300 тыс. м³, мощность вскрыши, обрабатываемой по бестранспортной системе, при углах падения пласта 5-15⁰ была снижена до 25-30 м. При этом увеличилась доля транспортной вскрыши в общем объеме

работ и возросла себестоимость угля. Параметры вскрышных драглайнов в этих условиях используются не полностью.

Эффективным способом повышения устойчивости отвалов при наличии в почве пласта глин является механическое рыхление основания.

Обработка пород основания отвала при помощи навесных тракторных рыхлителей способствует повышению коэффициента трения отвальной массы по контакту с породами лежащего бока угольного пласта. Установлено, что сопротивление сдвигу массива рыхлых отвальных пород по разрыхленным полускальным и слабым породам основания в 1,2 - 1,3 раза выше, чем по неразрыхленному основанию. Увеличение коэффициента трения пород в контактной зоне позволяет повысить на 15-20% высоту внутренних отвалов.

Рыхление площадей под отвалы целесообразно производить на глубину 0,5 - 0,7 м. Направление ходов рыхления при углах наклона пласта до 10^0 возможно по падению и по простиранию, но при углах наклона от 10 до 15^0 - только по падению. Достаточно высокая производительность агрегатов при рыхлении, составляющая от 2 до 6 тыс. м³/смену, позволяет включать подготовку основания отвала при бестранспортной системе разработки в качестве дополнительной операции для работы бульдозера, обслуживающего вскрышные экскаваторы.

При размещении отвальных насыпей на слабых основаниях возникают оползни выдавливания. Так, на Михайловском горнообогатительном комбинате МГОК (КМА) подобные деформации отмечались на внешних отвалах во всех случаях, когда основания были сложены слабыми водонасыщенными глинистыми породами. Внешние железнодорожные отвалы (№1, №2, №3-а) карьера, отсыпаемые в пойменных участках, деформировались в результате интенсивного выдавливания оснований, сложенных торфами и истыми суглинками общей мощностью до 6 м. Выдавливание происходило при высоте нижнего яруса отвала, не превышающей 11 м (на участках, где укладывались глинистые увлажненные породы). Натурными и лабораторными исследованиями установлено, что в сильно сжимаемых водонасыщенных породах оснований поровое давление близко к внешней уплотняющей нагрузке (в первый момент после ее приложения).

Наиболее крупное оползневое смещение пород объемом около 3 млн. м³ произошло в июне 1975 г. на автомобильном отвале № 2 МГОК, расположенном на правобережном склоне р. Чернь. В работе находилось шесть ярусов общей высотой до 72 м. Откос отвала имел выпуклое очертание. Инженерная подготовка слабых участков осно-

ваний не производилась. Размеры оползня в плане: длине 650 м, ширина 200-400 м. Оползший массив разбит на отдельные блоки, границы которых параллельны отвальному фронту. Угол наклона поверхности скольжения в ее верхней части высотой до 20 м составил $75-80^{\circ}$. В нижней части оползневого тела, контур которой расположен в нескольких метрах от русла реки, четко фиксируются валы выдавленных пород основания. Основание отвала в нижней части склона увлажнялось за счет разгрузки вод сеноман-альбского горизонта. Снижение прочности пород основания за счет их увлажнения подтверждается обратным оползневом расчетом, с помощью которого установлено, что характеристики сопротивления сдвигу гумусированных суглинков соответствуют условиям закрытой системы (т.е. поровое давление достигло максимальной величины)). Существенно ухудшились условия устойчивости также за счет увлажнения глинистых пород нижней части тела отвала. Рост внешней нагрузки обусловил увеличение порового давления, рассивания которого практически не происходило.

Следует отметить, что в ряде случаев, когда глинистые водонасыщенные породы размещались на основаниях с достаточной несущей способностью, деформации надподшовного типа обуславливались возникновением порового давления в нижней части увлажненных насыпных масс.

Подобные оползни внутренних отвалов происходили, например, на Богдановском карьере Орджоникидзеовского ГОКа (Украина), где в течение ряда лет возникали деформации сложенного надрудными глинами нижнего яруса высотой 18 м при угле откоса $30-32^{\circ}$.

В июне 1973 года произошел оползень предотвала на Шевченковском карьере ОГОКа (Украина), вызвавший аварию транспортно-отвального моста. Параметры деформации: длина по фронту 135 м; глубина развития 180 м; величина смещения 22 м; угол наклона откоса предотвала при высоте 18 м - 31° , после деформации - 14° ; объем оползня - до 270 тыс. м³. Предотвал формировался с помощью экскаватора ЭШ-6/60 из пород надрудного уступа харьковских яблочно-зеленых глин, сарматских песков, известняка-ракушечника и черных глин. На почву рудного пласта укладывался слой песка и известняка мощностью 3-4 м, а затем - глины мощностью 14-15 м. Темпы отвалообразования не позволяли завершиться процессу консолидации глинистых отвальных пород. Продолжительность периода консолидации увеличивалась в связи с подпиткой отвальных масс из обводненного основания. Основными причинами оползня предотвала явились нарушения проектной ширины бермы безопасности и

режима формирования отвала. В качестве причин аварии транспортно-отвального моста следует считать недостаточную оперативность вывода из зоны деформации в связи с недооценкой указаний маркшейдерской службы, а также отсутствие разработанных мероприятий по ликвидации аварии моста в оползневой зоне.

Многочисленные оползни отвалов транспортно-отвальных мостов в связи с выдавливанием глинистых пород оснований возникали на угольных карьерах ГДР. На карьере «Клеттвитц» деформации отвалов привели к разрушению транспортно-отвального моста. Мощность вала выдавливания пород основания в ряде случаев составляла 10–15 м, в движение приходили миллионы кубометров породных масс.

Оползни связаны с большой скоростью нагружения обводненных оснований отвалов и со значительной (до 60 м) высотой откосов. Скорость нагружения характеризует изменение величины породной нагрузки (давления) во времени. На карьере «Глюкауф-III» после выдавливания основания предотвала высотой 4,5 м и нарушения железнодорожного полотна в зоне поворотного пункта в период, предшествовавший новым деформациям, измерялось поровое давление в породах основания предотвала высотой 6 м, представленных (сверху вниз) пылеватыми глинами мощностью около 4 м и слюдыстым песком мощностью до 8 м. Поровое давление в глинах составляло от 0,25 до 0,60 кгс/см² (до 60% нагрузки от предотвала). Скорость подвигания отвального фронта на оползневом участке перед возникновением деформаций составляла 2,0–2,5 м/сут.

При отсыпке абзетцерного отвала высотой 21 м на карьере Седлиц поровое давление в породах основания составляло лишь 0,06–0,08 кгс/см² и отвальный откос не деформировался. Здесь в основании отвалов залегают тонкозернистые пески, перекрываемые слоем пылеватых глин небольшой мощности.

Столь существенные колебания величин порового давления связаны с разными коэффициентами фильтрации пород K_f и скоростями нагружения основания v_n [«Глюкауф - III» - $K_f = 10^{-4} - 10^{-6}$ см/м, $v_n = 0,15$ (кгс/см²)/мин; «Седлиц» - $K_f = 1 \cdot 10^{-2} - 1,9 \cdot 10^{-1}$ см/с, $v_n = 0,0016$ (кгс/см²)/мин].

Характерный процесс деформирования породных отвалов отмечен на карьере «Центральный» комбината «Апатит». Вскрыша представлена в основном скальными породами, среди которых в значительном объеме встречаются разности с интенсивной трещиноватостью. Бульдозерное отвалообразование ведется одним ярусом высотой до 400 м. Породы основания представлены

преимущественно плотными и прочными мореными отложениями и на отдельных участках слабыми суглинками. На устойчивость отвалов существенное влияние оказывает мощный слой снега, со временем переходящего в лед.

Зоны ослабления в теле отвала приурочены к участкам распространения снега, льда, выветренных пород и моренных отложений с низким сопротивлением сдвигу. Маркшейдерский контроль за деформациями отвалов позволяет определить критические величины деформаций и обеспечить безопасность работ. Наблюдения за деформацией отвала № 4 показали, что оседание породных масс происходило со средней скоростью 11,2 см/сут. Максимальная скорость оседания во время оползня составляла 1,5 м/сут. Для отвала № 1 установлено, что его деформирование в нижней части носит характер пластического течения, что может быть объяснено изменением свойств отвальных масс при их перемешивании со снегом и последующем обледенении.

Примечательные оползни подподошвенного типа наблюдались в 1960 и 1963 гг. на бульдозерных отвалах Каджаранского карьера в Армении. Вскрышные породы (в основном окисленные монциты, разрыхленные взрывным способом) складировались в двухярусные отвалы, расположенные на склоне горы. Высота верхнего яруса 30-35 м. Высота нижнего яруса в период возникновения оползней достигала 120 м. На оползневых участках угол наклона основания, сложенного водонасыщенными суглинками составляет 10-12°. Мощность песчано-глинистой толщи аллювиальных отложений изменяется от 7 до 15 м. Непосредственной причиной оползней явилось выдавливание пород основания; в результате выдавливания произошло резкое ослабление призмы упора прислоненного откоса, что привело к обрушениям самого отвального массива. Оползням предшествовало интенсивное подвигание фронта отвальных работ. При этом скорость рассеивания порового давления в основании отвалов значительно уступала скорости роста нагрузок.

К настоящему времени накоплен весьма представительный материал по вопросам теоретических и экспериментальных исследований процессов фильтрационной консолидации пород отвальных оснований. Теоретические решения получены для одномерных и плоских задач уплотнения применительно к условиям однородных и многослойных оснований.

При оценке устойчивости сухих отвалов, размещаемых на слабых естественных или намывных основаниях, а также при решении вопросов рекультивации территорий заполненных гидроторвалов не-

обходимо выполнять проверку несущей способности грунтов с использованием методов предельного напряженного состояния.

Внешняя нагрузка рассматривается как полосовая (при отсыпке заходок «сухих» отвалов) или как прямоугольная при учете действия веса оборудования, используемого для рекультивации.

Различаются две критические нагрузки: начальная критическая P_n^{kp} , при которой порода находится в фазе уплотнения, и предельная критическая P_{np}^{kp} , при которой исчерпывается полностью несущая способность породы. Приближенная оценка устойчивости откосов на слабых основаниях или проходимости оборудования выполняется путем сравнения действующих нагрузок с предельной критической:

$$P_n^{kp} = 5,14 C + q \quad (1.6)$$

где q — внешняя нагрузка от подушки из дренирующего материала, предварительно укладываемой для подготовки слабых оснований (при отсутствии подушки $q = 0$).

Для осесимметричной пространственной задачи (площадь загрузки ограничена кругом или квадратом)

$$P_n^{kp} = 5,7 C + q \quad (1.7)$$

Для оценки максимальной несущей способности основания используется формула Прандтля-Рейснера:

$$P_{np}/C = \frac{(\alpha + ctg\varphi)(1 + \sin\varphi)\exp(\pi\tan\varphi) - c\tan\varphi(1 - \sin\varphi)}{(1 - \sin\varphi)} \quad (1.8)$$

где $q = \alpha C$ — предварительно приложенная к основанию уплотняющая нагрузка (от предотвала или намывной подушки).

Для расчетов по формуле (1.8) при $\alpha = 0 \div 10$ построен график к определению P_{np}^{kp} в зависимости от C , φ , q (рис. 1.9). Несущая способность основания по отношению к заданной нагрузке $P_{дон}$ обеспечивается при $P_{дон} = P_{np}^{kp} / \eta$ ($\eta = 1, 2$).

Эффективные способы формирования внешних отвалов в режиме управляемых оползневых деформаций разработаны А.М.Иванченко в НИИКМА. В основу способов положены результаты натурных наблюдений за оползневыми деформациями откосов отвалов пластичных пород на прочных основаниях, а также отвалов любого литологического состава на слабых естественных основаниях или гидроотвалах.

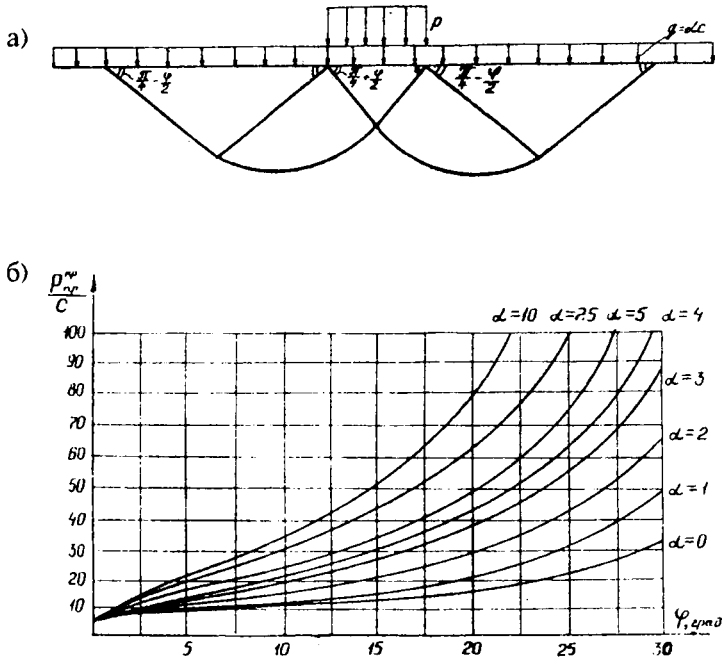


Рис. 1.9 Оценка несущей способности оснований:

а - расчетная схема (по Н.А.Цытовичу); б - график к определению $P_{np}^{kp} = f(\varphi, C, q)$

Первый способ предусматривает отсыпку отвального яруса двумя слоями с опорным гребнем высотой, равной 1,1-1,5 предельной высоты откоса H_{np} . Формирование верхнего слоя производится по челночной схеме. Длина каждого блока отвальной заходки принимается равной 60-100 м. В результате обусловленного пластическими деформациями выполаживания опорного гребня отвальный ярус приобретает контуры, соответствующие физико-механическим свойствам складированных пород, и обеспечиваются безопасные условия работы оборудования. Применение этого способа в условиях карьеров КМА позволяет увеличить высоту отвальных ярусов на слабых основаниях от 7 до 15 м и на прочных основаниях - от 10 до 30 м.

Второй способ предназначается для формирования отвальных ярусов высотой до 60 м в режиме быстрых блоковых обрушений приоткосных зон опорного гребня. Формирование отвала производится двумя способами с применением конвейерных отвалообразователей. Нижний слой отсыпают с опорным гребнем до высоты, не превышающей $1,5 H_{нр}$, и затем разгрузка отвальных масс производится на внешний откос опорного гребня до образования трещин отрыва (заколов). Обрушение пород носит блоковый характер и происходит при высоте опорного гребня $H_{ср} = 2,1 H_{нр}$. Отсыпку пород на участке активных деформаций прекращают после выхода поверхности скольжения в середину внутреннего откоса опорного гребня. После отсыпки опорного гребня нижнего слоя в соответствии с приведенным ограничением на всю длину фронта работ отступающими заходками заполняют промежуток между опорным гребнем и откосом верхнего слоя.

Сущность способа отвалообразования на слабых обводненных основаниях (третий способ) заключается в том, что на основание пород экскаватором отсыпают до высоты $(1,2-2)H_{нр}$ опорный гребень (или опорный породный конус) и вызывают пластические деформации пород слабого основания (оползень выдавливания). Затем производят планировку деформирующегося опорного гребня с размещением пород в пределах отвальной заходки. После планировки экскаватор перемещают на верхнюю площадку опорного гребня и цикл отсыпки пород повторяется (рис. I.10). Этот способ позволяет на 50% сократить объем вспомогательных операций и на 10-15% увеличить производительность отвального оборудования.

Четвертый способ предназначается для формирования отвальных ярусов с использованием экскаватора-мехлопаты. Опорный гребень создают в виде передового и боковых опорных конусов с опережающим формированием передового конуса до уровня нижнего подступа. Производят подрезку внутренних откосов боковых конусов и укладку породы между этими конусами до создания сплошного опорного гребня. При складировании пород с различными прочностными свойствами в передовой опорный конус укладывают более прочные породы, а в боковые конуса - породы с пониженными прочностными характеристиками (до начала деформации откосов). После этого на слабые породы укладывают более прочные, а породы с пониженными прочностными характеристиками размещают между опорным гребнем и откосом верхнего подступа.

Новые способы отвалообразования прошли успешную опытно-промышленную проверку на экскаваторных и конвейерных отвалах Михайловского и Стойленского ГОКов КМА.

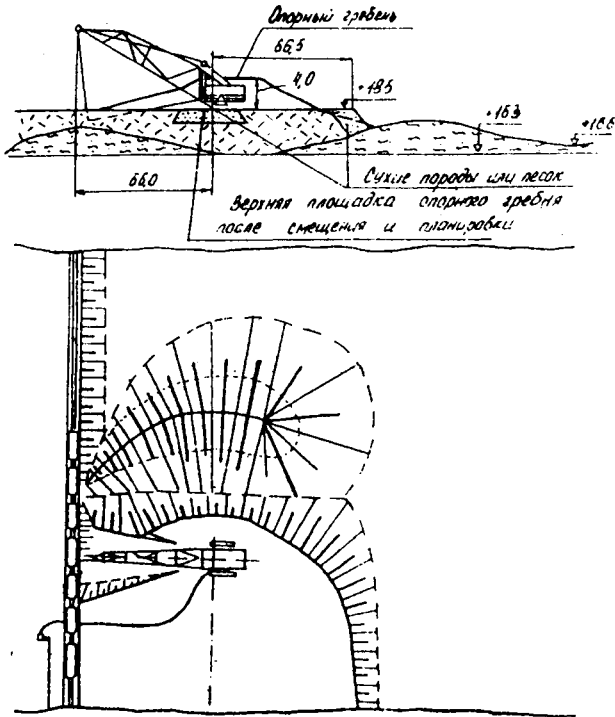


Рис. 1.10 Способ отвалообразования на слабых основаниях (по А.М.Иванченко)

Для регламентирования режима формирования конструкции системы отвальных уступов, сложенных или подстилаемых глинистыми породами, могут использоваться зависимости (рис. 1.11), полученные применительно к условиям возведения конвейерных отвалов Михайловского ГОКа КМА.

Регламентирование режима отвалообразования при размещении мерзлых и талых пород на горных склонах обычно производится с учетом скорости развития оползневых деформаций, устанавливаемой эмпирическим путем. Для прогноза во времени деформаций отвалов песчано-глинистых пород и нагорных отвалов, сложенных и подстилаемых тальми глинистыми, мерзлыми или заснеженными породами, следует использовать аппарат структурной механики грунтов.

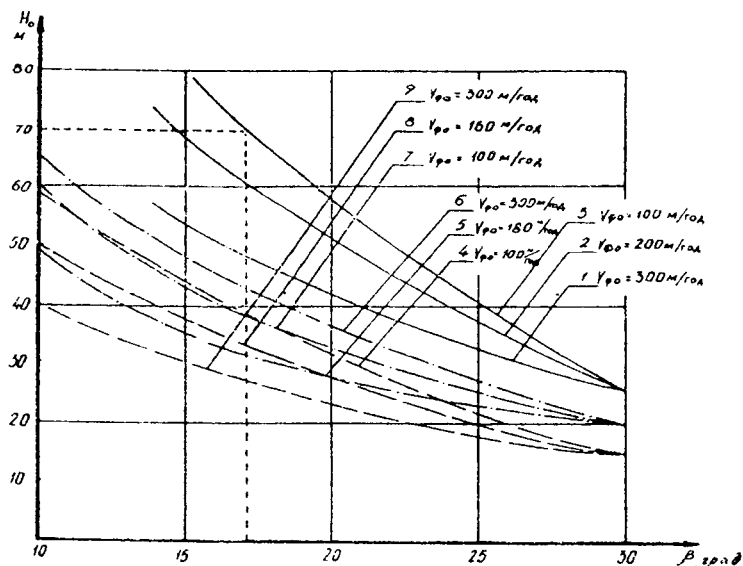


Рис. 1.11 Графики зависимости между высотой отвала H_0 и генеральным углом его откоса β_2 при различной скорости движения отвального фронта $V_{фр}$:

1, 2, 3 - отвал на прочном основании; 4, 5, 6 - отвал на слабом основании мощностью 4 м; 7, 8, 9 - отвал на слабом основании мощностью 8 м.

Повышение эффективности формирования внутренних отвалов возможно путем увеличения их приемной способности при размещении породных масс на основаниях с углом падения более $10-12^\circ$. Расширение области применения бестранспортной системы разработки достигается применением подрезки (заоткошивания) отвалов в нижней части под углом, большим угла естественного откоса. Возможность управления состоянием массива отвалов путем их подрезки в нижней части определяется уплотнением содержащих глинистый материал породных масс и приобретением ими сцепления упрочнения. Высота подрезаемой части возрастает с увеличением общей высоты отвала. На рис. 1.12 показана схема экскавации с рекомендуемыми ИГД им. А.А.Скочинского параметрами внутренних отвалов для разреза «Байдаевский» (Кузбасс). Отвал

подрезается в нижней части под углом 55° . Предусматривается обязательное рыхление почвы пласта буровзрывным способом. В ряде случаев для повышения сопротивления сдвигу (сил трения) на контакте отвал-наклонное основание предлагается производить механическое рыхление основания тракторными рыхлителями. Для условий Черемховского месторождения использование рекомендаций ВНИИ по заоткоске нижней части (20 м) внутреннего отвала под углом 55° обеспечило наряду с техническим эффектом (более полное использование линейных параметров драглайнов, попутной планировке отвала, увеличением ширины заходки) получение также и экономического эффекта за счет уменьшения коэффициента пересккавации и вскрытия дополнительных запасов угля. Аналогичные результаты достигаются в других бассейнах (Кузнецком, Канско-Ачинском) при геомеханическом обосновании новой конструкции отвальных откосов.

На Сибайском карьере Башкирского медно-серного комбината (БМСК) внешние отвалы формируют двумя-тремя ярусами высотой до 30 м каждый с оставлением между ними берм шириной 20 м. Породы, складываемые в отвалы, представлены гидротермальными измененными эффузивами спилит-альбитофирового состава. Среднее расстояние транспортирования пород составляет 4-5 км. Основание отвалов - горизонтальное, представлено глинистыми отложениями с включением обломков яшмы. С целью повышения эффективности отвальных работ предложен способ отвалообразования, предусматривающий засыпку берм существующих ярусов, что обеспечивает увеличение вместимости отвала при сохранении его устойчивости (рис. 1.13а).

Отсыпаемые в отвал породы со временем уплотняются; как показали исследования С.И. Попова, сцепление глинистых пород через год после формирования отвала увеличивается в 1,5 раза. Это позволяет отсыпать дополнительный объем пород при сохранении устойчивости отвала. Дополнительный объем определяют в зависимости от изменения сцепления и угла внутреннего трения пород. Для уточненных характеристик прочности уплотнившихся пород находят предельный устойчивый угол откоса отвала при заданной его высоте. Сравнение полученного контура отвала с существующим позволяет с помощью геометрического построения определить дополнительный объем пород, ограниченный предельным углом откоса.

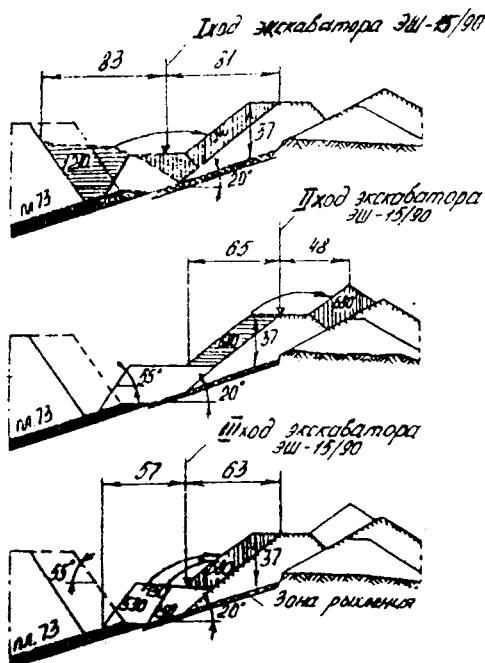


Рис. I.12 Схема экскавации с рекомендуемыми параметрами внутренних отвалов для разреза «Байдаевский» (по К.Е.Винницкому)

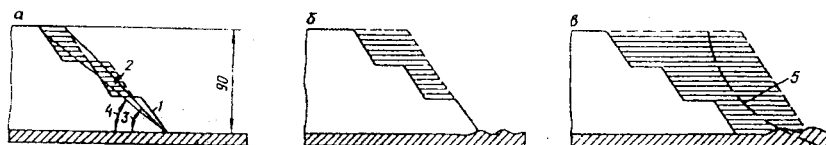


Рис. I.13 Схема отвалообразования, обеспечивающая увеличение вместимости отвала (по А.М.Демину и др.)

а - с сохранением устойчивости; б, в - в режиме допустимых деформаций; 1 - проектный контур откоса; 2 - дополнительный объем отсыпаемых пород; 3, 4 - углы откоса соответственно после и до размещения дополнительного объема пород; 5 - поверхность разрушения

Исследования (А.М.Демин и др.) механизма деформирования глинистого основания на моделях из эквивалентного материала (смесь кварцевого песка с солидолом) показали, что с ростом нагрузки породы основания частично выдавливаются, а нижние слои уплотняются, повышается их прочность. Максимальная скорость выдавливания основания составляет 3-4 см/сут при наибольшей влажности и высоте отвала 30-45 м. С ростом высоты отвала от 45 до 90 м интенсивность выдавливания материала основания ослабевает, и при достижении максимальной высоты процесс прекращается. Вязкопластичные деформации в основании не вызывают разрушения отвала и не препятствуют процессу отсыпки. Таким образом, выдавливание основания при отвалообразовании не является опасным явлением.

В практике бульдозерного отвалообразования известны примеры управления устойчивостью отвалов при деформировании слабого основания. Как правило, увеличение высоты яруса отвала приводило к выдавливанию слабого слоя, сокращению числа оползней или их прекращению. Таким образом, снижение устойчивости отвала вследствие увеличения мощности отсыпанных на слабое основание пород может использоваться как положительный фактор в технологии.

Для условий Сибайского карьера оптимальная высота яруса составляет 90 м. После засыпки бERM нижних ярусов по рассмотренной технологической схеме следует формировать отвал одним ярусом высотой до 90 м. В связи с тем, что устойчивость отвала при этом значительно снижается, отсыпку рекомендовано проводить в режиме допустимых деформаций с созданием резервных участков на случай возникновения опасных деформаций на рабочем участке. Динамика формирования отвала при сдвигении ярусов показана на рис. 1.13 б, в.

Опытно-промышленная отсыпка Северного отвала высоким ярусом проводится с 1985 г. Первая значительная деформация основания отвала с выдавливанием слабых пород произошла в 1986 г. Высота отвала равнялась 55 м, длина деформации по фронту - 300 м, объем деформации составил около 450 тыс. м³ пород. Схема деформации представлена на рис. 1.14. На участке деформации (на верхней площадке отвала) производилось систематическое наблюдение за сдвижением деформирующихся масс при помощи стереофотограмметрической съемки.

В период наибольшей активности оползневых сдвижений средняя скорость деформации составила 32,6 см/сут. К сожалению, маркшейдерские замесы не позволяют выявить закономерность из-

менения этой скорости. Полученное значение средней скорости сдвижения масс свидетельствует, что эти деформации оползневого происхождения. В основании наблюдались пластические деформации пород в виде валов выпирания мощностью до 2 м. Слабые пластичные породы основания выдавливались, после чего деформации стабилизировались до нового цикла. Устойчивость отвала при этом возросла, так как основание упрочнилось.

Сопоставление натурных данных с результатами моделированием позволяет установить качественное подобие геомеханических процессов, происходящих в основании отвала. Целесообразность отвалообразования высоким ярусом с точки зрения устойчивости отвала продиктована механизмом уплотнения его основания.

На Ковдорском ГОКе породы вскрыши, маложелезистые, апатит-штаффелитовые руды и руды аномальной зоны вывозят из карьера автомобильным транспортном (рис. 1.15). Горно-технические условия отвалообразования характеризуются изменчивостью рельефа и прочностью грунтов, слагающих основание отвалов - угол наклона основания отвалов изменяется от 0° до 20° , на отдельных участках достигает 35° . Основания отвалов, отсыпаемых в верхней части склонов, сложены трещиноватыми скальными породами, в средней и нижней частях - песчаными и песчано-гравийными моренными образованиями, а на заболоченных участках - илами мягкопластичной и текучей консистенций. Петрографический состав складываемого материала - (фсниты, йолиты, пироксениты, карбонатиты, штаффеллиты), определяет изменчивость их физико-механических свойств, связанных со структурно-текстурными особенностями, метасоматическими преобразованиями и степенью выветрелости. Средний размер куска во взорванной горной массе изменяется от 0,15 (верхние горизонты) до 0,5 м и зависит от глубины разработки месторождения и направления развития горных работ.

В соответствии с проектом, разработанным в Гипроруде, вскрышные породы рудника «Железный» должны были складировать в отвал N 1, основание которого представляет собой пологий склон с углом наклона $8-10^{\circ}$ и сложено преимущественно сильнотрещиноватыми породами. На большей площади коренные породы перекрыты чехлом моренных образований, средняя мощность которых составляет 1-2 м; грунтовые воды в четвертичных отложениях, за исключением долины реки, отсутствуют.

Отсыпку отвала планировалось производить ярусами высотой 12 м, общая высота отвала равнялась 90 м. Технологией отвалообразования предусматривалась разгрузка автосамосвалов на

расстоянии от верхней бровки яруса менее 3 м с последующим сталкиванием горной массы под откос бульдозерами. В процессе отсыпки ярусов отмечены интенсивные деформации в виде закольных трещин и просадок верхних площадок ярусов, для предотвращения которых была увеличена ширина предохранительной бермы до 5 м. Это привело к росту объема бульдозерных работ, но не улучшило состояния отвалов - ширина зоны заколов увеличилась до 5-7 м.

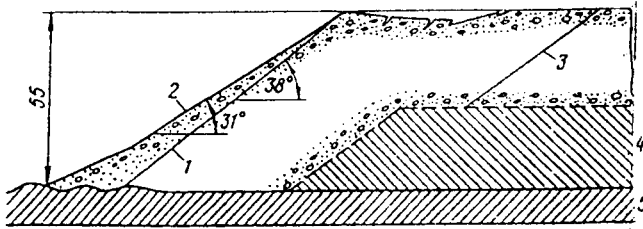


Рис. 1.14 Схема деформации участка пустых пород на северном отвале (по А.М.Демину и др.)

1, 2 - контур откоса соответственно до и после деформации; 3 - проектный контур; 4 - отвал глинистых пород; 5 - основание отвала

Наблюдаемые на площадках ярусов деформации (по мнению В.Г.Зотесва и др.) следует разделять на две группы: просадки, связанные с уплотнением отвальной массы, и просадки, возникающие в весенне-летний период в результате оттаивания и уплотнения грунтов основания отвала. Основное влияние на технологию отвалообразования оказывают деформации первой группы. Скорость и размеры деформации и связанная с ними ширина зоны закольных трещин зависят прежде всего от изменения пористости складированных пород в процессе отсыпки отвала. Изменение пористости отвальной массы во времени определяется ее физико-механическими свойствами, высотой яруса и темпом роста породной нагрузки на откос (скоростью подвигания фронта яруса). Значение деформаций второй группы, как правило, не превышают 0,1-0,2 м.

На основе результатов инструментальных наблюдений за развитием деформаций разработана методика расчета допустимой скорости подвигания фронта ярусов, с помощью которой выбирают режим отсыпки отвалов, предотвращающий возникновение опасных просадочных деформаций.

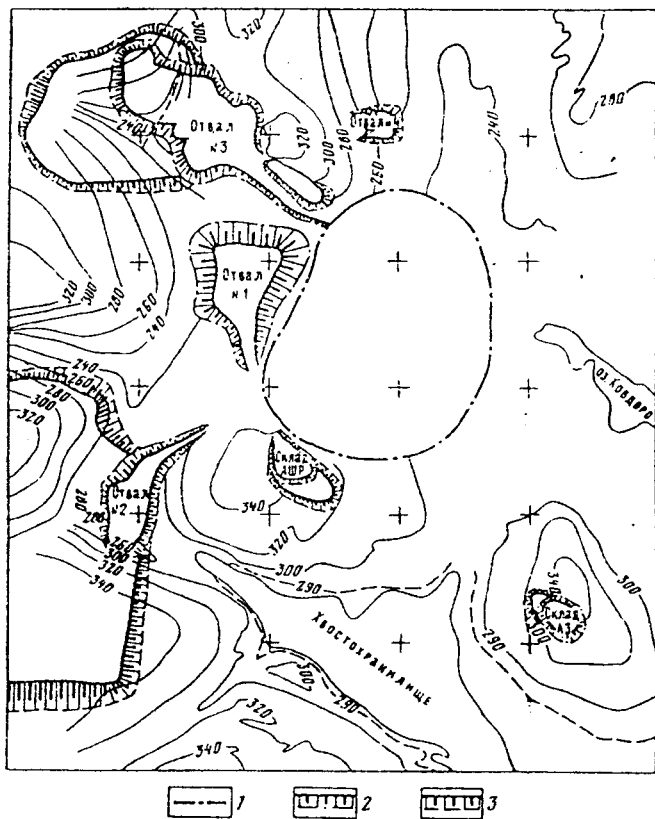


Рис. I.15 Схема размещения отвалов на Ковдорском ГОКе (по В.Г.Зотееву и др.)

1 - контур карьера; 2 - контур существующих отвалов; 3 - проектные контуры отвалов; склад АПР (апатит-штафелитовых руд) - отвал №5; склад АЗ (бедных магнетитовых руд и руд аномальной зоны) - отвал №6

Оценка устойчивости отвалных ярусов, выполненная с учетом нагрузки от автомашин, а также исследование взаимосвязи режима

отсыпки ярусов со значениями просадочных деформаций позволили обосновать возможность ведения отвальных работ с разгрузкой автосамосвалов через предохранительный вал непосредственно под откос.

С переходом на новую схему прекратились интенсивные просадки на верхних площадках ярусов, а разгрузка автомобилей под откос сократила на 90-95% объем бульдозерных работ на отвале. В результате осуществлен переход на отсыпку отвала ярусом высотой 70-110 м, что привело к сокращению числа транспортных заездов и уменьшению затрат на строительство и поддержание автомобильных дорог.

Как показали исследования, на отвалах рудника «Железный» кусковатость скальной горной массы на откосах ярусов существенно изменяется за счет сегрегации - процесса распределения зерен по высоте слоя в зависимости от их крупности (табл.1.5)

ТАБЛИЦА 1.7.

*ИЗМЕНЕНИЕ КУСКОВАТОСТИ ГОРНОЙ МАССЫ ПО ВЫСОТЕ ЯРУСА
(ПО В.Г.ЗОТЕЕВУ И ДР.)*

Отвал	Расстояние по вертикали от рассматриваемой точки до верхней бровки яруса, м	Средний диаметр обломков, м	Коэффициент неоднородности
№1	29,0	0,20	8,0
	38,5	0,25	7,6
	60,0	0,33	2,8
	77,0	0,51	2,9
	89,5	1,27	1,8
	92,0	1,40	1,9
№3	8	0,20	7,1
	15,5	0,24	5,0
	23,0	0,31	4,9
	30,0	0,37	4,3
	39,0	0,57	3,1
	45,0	1,24	1,9

Явление сегрегации приводит к увеличению среднего диаметра обломков и уменьшению коэффициента неоднородности в нижних слоях отвала по отношению к верхним. Таким образом, в процессе отсыпки отвалов формируются слои с различными значениями показателя сопротивления сдвигу. Явление сегрегации приводит также к тому, что угол откоса яруса уменьшается сверху вниз и становится

меньше угла внутреннего трения складированных пород. Например, в отвал № 1, угол трения равен 43° , а угол откоса яруса этого отвала составляет $33-35^{\circ}$. Подобные изменения обусловлены прежде всего тем, что крупные обломки пород создают минимальное сопротивление качению при перемещении по откосу яруса. Оценка устойчивости отвалов, выполненная с учетом сегрегации скальных пород в процессе отсыпки, показала, что при отсыпке отвалов на основания с углами наклона 7 , 11 и 15° их предельная высота не должна превышать соответственно 90 , 70 и 50 м. Устойчивость отвалов, отсыпанных моренной на горизонтальное основание, сохраняется до высоты 70 м, а при угле наклона основания $7-8^{\circ}$ - только 50 м. Изменчивость условий отсыпки отвалов №2 и 3 и физико-механических свойств складированных пород не позволяли формировать высокий ярусный отвал без специальной подготовки основания на отдельных участках. Разработанный вариант повышения устойчивости отвалов на крутых склонах обеспечил возможность отсыпки отвалов № 2 и 3 одним ярусом высотой соответственно $60-130$ м и $60-100$ м без проведения специальных мероприятий по подготовке основания отвалов.

При засыпке ручьев в основании отвалов создают фильтрующий слой из специально отсортированных негабаритных кусков вскрышных пород, что затрудняет отвалообразование, так как требует прокладки автодорог и применения кранов-укладчиков. Результаты изучения процесса сегрегации скальной горной массы доказано, что выделение обломков пород заданного размера может быть обеспечено за счет управления высотой ярусов. Исходя из этого, разработана технология сооружения фильтрующего слоя непосредственно в процессе отсыпки отвалов, основанная на использовании эффекта сегрегации горной массы. Для условий отвала № 2 установлено, что засыпка долины ручья Быстрый скальными породами при высоте яруса более 100 м позволяет сформировать в его нижней части слой, представленный крепкими разностями пород, средний диаметр обломков которых составляет $1,2 - 1,35$ м. Это обеспечивает высокую пористость нижней части отвала (не менее 35%) и исключает возможность подъема воды в долине ручья в паводковый период более чем на 5 м. Применение технологии формирования фильтрующего слоя позволяет отказаться от строительства специальных автомобильных дорог, а также от дополнительных работ, связанных с отбором, погрузкой, транспортированием и укладкой около 400 тыс. м³ бутового камня. В связи с разносом северного участка борта карьера объем моренных образований увеличился и в отвалы стали поступать выветрелые дезинтегрированные породы с высоким содержанием песчано-глинисто-

го заполнителя. Поскольку параметры отвалов и режимы их отсыпки были определены ранее на основе того, что объем рыхлых образований, поступающих в отвалы незначителен, валовая отсыпка пород в сложившейся ситуации могла привести к возникновению оползней на отвалах и к разрушению разгрузочных площадок.

Изучение закономерности изменения показателей сопротивления сдвигу и сжимаемости горной массы в зависимости от содержания в ней песчано-глинистых пород показало, что прочность и сжимаемость скальных обломочных пород остаются практически неизменными, если примесь рыхлых пород не превышает 25%. При увеличении доли рыхлых образований наблюдается снижение сопротивления горной массы сдвигу, а сжимаемость ее возрастает. Следовательно, если в общем объеме вскрыши скальные породы составят менее 75%, а рыхлые - не более 25%, то устойчивость отвалов будет обеспечена при высоте ярусов, установленной ранее. Учитывая возможность сбоев в работе транспортного оборудования и неравномерность разгрузки автосамосвалов по фронту отвалообразования, объем складированных рыхлых образований не должен превышать 20%. В табл. 1.6 приведены расчетные скорости продвижения фронта ярусов, позволяющие обеспечить сохранность разгрузочных площадок при складировании пород любого типа.

ТАБЛИЦА 1.8.

**ДОПУСТИМЫЕ (МАКСИМАЛЬНЫЕ) СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ФРОНТА
ЯРУСОВ (по В.Г.ЗОТЕВУ)**

Тип горной массы	Средний диаметр обломков, м	Максимальная скорость продвижения фронта яруса в зависимости от его высоты, м/м			
		30	50	75	100
Скальные породы (примесь рыхлых пород не более 20%)	0,50	5,0	4,4	3,5	3,2
	0,45	4,7	4,2	3,3	3,0
	0,40	4,6	4,0	3,1	2,8
	0,35	4,2	3,7	3,0	2,5
	0,30	3,8	3,4	2,6	2,2
	0,25	3,1	2,8	2,1	1,7
	0,20	2,8	2,4	1,9	1,5
Моренные отложения	0,026	0,9	0,85	0,8	0,75
	0,050	1,2	1,0	0,95	0,85

Для обеспечения безопасных условий работы при совместном складировании скальных и рыхлых пород геологической службой рудника организовано оперативное определение содержания рыхлых пород в экскаваторных забоях. Эти данные передаются маркшейдерской службе рудника для планирования отвальных работ, которое производится с учетом состояния горных работ в карьере и допустимого (по условиям устойчивости и деформаций отвалов) содержания в горной массе рыхлого материала. В результате планирования определяются участки, на которых должна производиться совместная или раздельная отсыпка крепких скальных пород, выветрелых дезинтегрированных пород, моренных образований, а также объемы отсыпки и забои, из которых они должны поступать.

4. Геомеханическое обоснование повышения емкости отвалов и подготовки насыпей к рекультивации

Под термином геомеханические процессы понимают механические процессы деформирования, перераспределения напряжений и разрушения, возникающие в массиве горных пород при инженерном воздействии. Геомеханические процессы проявляются в виде смещений, обрушений, горных ударов, пучения, уплотнения и наблюдаются визуально или инструментально.

На основании обширной программы исследований, охватывающих все стадии освоения месторождений (от разведки до консервации горного предприятия) К.Мэтьюсоном и К.Като (США) сформулированы требования к изученности геомеханических условий разрабатываемых открытым способом месторождений полезных ископаемых. На стадии разведки предлагается применять стратиграфическую модель, позволяющую формировать базу данных для оценки геомеханических свойств, при этом в качестве наиболее эффективного метода определения физических свойств пород указывается ультразвуковой каротаж.

Как показывает анализ, оползневые деформации в песчано-глинистых и полускальных породах являются результатом бесконтрольного развития геомеханических процессов в отвальных массивах и обеспечение долговременной устойчивости отвалов базируется на установлении взаимосвязей динамики горных работ и процессов уплотнения, определяющих деформации отвальных массивов, устойчивость откосов и несущую способность отвальных пород.

Интенсивность геомеханических процессов зависит от технологических решений, устанавливающих динамику формирования отвалов. Закономерности развития геомеханических процессов представляют интерес также с позиций последующего использования нарушенных горными работами территорий: размещения отвальных насыпей на гидроотвалах, оценки несущей способности отвальных масс и установления величин деформаций поверхности отвалов после их рекультивации.

Открытые горные работы неизбежно вызывают в отвальных и бортовых массивах развитие преимущественно нестационарных геомеханических процессов. При упрощенном решении геомеханических задач нестационарный процесс сводится к серии сменяющих

друг друга мгновенных стационарных состояний и массив горных пород рассматривается как механическая система в статической постановке. Подобный подход используется при изучении протекающих во времени геомеханических процессов, которые оцениваются по конечному пределу (при $t \rightarrow \infty$). Допущение стационарности напряженно-деформированного состояния правомерно для оценки устойчивости области массива горных пород при его неизменной конфигурации под влиянием постоянных контурных и объемных сил.

Однако при решении широкого круга задач, связанных с оценкой во времени состояния массивов песчано-глинистых и полускальных пород (характера и величины деформаций, устойчивости откосных сооружений с изменяющимися контурами, несущей способности породных масс), стационарная постановка является недопустимой в связи с обусловленными технологией горных работ изменениями нагрузок во времени, отставаниями деформаций от нагружения, изменениями физико-механических свойств пород в ходе возведения горнотехнических сооружений.

На интенсивность геомеханических процессов в отвальных массах влияют следующие основные технологические параметры: скорость подвигания фронта и темп углубления горных работ, скорость подвигания отвального фронта, высоты и углы наклона откосов. Эти параметры зависят от способа вскрытия, системы разработки и интенсивности проведения отдельных технологических процессов, взаимосвязанных с горно-геологическими факторами.

Необходимые для расчетов устойчивости основные прочностные показатели сопротивления пород сдвигу (C, φ) устанавливаются по результатам лабораторных и натурных исследований, при этом величина сопротивления сдвигу τ подчиняется закономерности Кулона, записываемой для связных горных пород в виде

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + C \quad (1.9)$$

Величины φ и C не имеют непосредственного физического смысла. С учетом этого факта и возможной криволинейности зависимости $\tau = f(\sigma)$ для водонасыщенных глинистых пород основания и тела отвалов целесообразно использовать при расчетах устойчивости откосов величину общего сопротивления сдвигу τ . При определении сопротивления сдвигу глинистых пород в условиях незавершенного уплотнения измеряемое при испытаниях поровое давление неявно входит в величину сопротивления сдвигу и является фактором, контролирующим степень незавершенности уплотнения породы.

Прочностные характеристики пород необходимо определять с учетом условий формирования отвальных откосов, срок службы которых обычно невелик. Поэтому при расчетах устойчивости отвалов, основание или тело которых сложено глинистыми водонасыщенными породами следует учитывать незавершенность уплотнения породных масс, оцениваемую величиной сопротивления сдвигу согласно закону Кулона

$$\tau = (\sigma_n - P_n) \operatorname{tg} \varphi' + C' \quad (1.10)$$

где C' и φ' — сцепление и угол внутреннего трения для консолидированной породы.

P_n — избыточное поровое давление.

Для квазиоднофазных пород согласно кинетической теории прочности и ползучести (С.С.Вялов, Ю.К.Зарсцкий) уравнение длительной прочности принимается в виде

$$\tau = \tau_0 - (\tau_0 - \tau_\infty) \frac{t_p}{T_p + t_p} \quad (1.11)$$

где $\tau, \tau_0, \tau_\infty$ — текущее, условно-мгновенное и длительное сопротивление пород сдвигу;

T_p — параметр длительной прочности, имеющий размерность времени;

t_p — время до момента разрушения горной породы.

Для определения критических скоростей деформаций $\dot{\epsilon}$ используют соотношение

$$\frac{\dot{\epsilon}_p}{\tau} = \frac{\dot{\tau}^\delta}{\eta_p} ; \frac{\dot{\epsilon}_p}{\tau} = \frac{\dot{\tau}^\delta}{\eta_p} \quad (1.12)$$

где η_p и δ — параметры ползучести.

Для инженерных расчетов уплотнения породных толщ обычно используют решения одномерных задач, основанные на допущении одномерной деформации массива под действием приложенной нагрузки: в зависимости от фазового состава пород и их водопроницаемости применяют решения задач фильтрационной консолидации (уплотнение рассматривают как результат отфильтровывания воды из пор), ползучести или решения совместных задач.

Расчет уплотнения слоя водонасыщенных пород под постоянной нагрузкой производят на основе решения дифференциального уравнения одномерной задачи фильтрационной консолидации вида

$$C_v \frac{\partial^2 P_{эф}}{\partial Z^2} = \frac{\partial P_{эф}}{\partial t} \quad (1.13)$$

где $P_{эф}$ — эффективное напряжение;

Z — координата точки в слое;

C_v — коэффициент консолидации;

t — время.

Для случая равномерного распределения уплотняющих давлений P по глубине, решение уравнения представляют в виде

$$P_{эф} = P \left[1 - \frac{4}{\pi i} \sum_{i=1,3,5} \frac{1}{i} \sin \frac{i\pi Z}{2h} e^{-i^2 \mu t} \right] \quad (1.14)$$

где h — мощность уплотняемого слоя;

μ — параметр уплотнения.

При формировании отвальных массивов наибольший интерес представляет величина осадки слоя S_t под действием уплотняющей нагрузки P , определяемая на любой промежуток времени от начала нагружения. В случае равномерного распределения уплотняющих давлений по глубине осадку определяют из выражения

$$S(t) = ha_0 P \left[1 - \frac{8}{\pi^2 i^2} \sum_{i=1,3,5} \frac{1}{i^2} e^{-i^2 \mu t} \right] \quad (1.15)$$

где h — мощность слоя;

a_0 — коэффициент относительной сжимаемости.

Полному уплотнению слоя соответствует стабилизированная осадка

$$S_{\infty} = a_0 P h$$

Исходя из определения степени уплотнения (консолидации) как отношения площадей эпюр давлений в скелете породы для времени t и $t \rightarrow \infty$, равного

$$U = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=1,3,5} \frac{1}{i^2} e^{-i^2 \pi^2 t} \quad (1.16)$$

Величину осадки на любой период времени t определяют по формуле

$$S(t) = S_{\infty} \cdot U. \quad (1.17)$$

Расчет уплотнения маловодонасыщенных глинистых пород тела насыпей и их оснований производят на основе решения задачи компрессионной ползучести слоя квазиоднофазной породы. При условии мгновенно приложенной нагрузки ($q = \text{const}$) определение осадки слоя мощностью h породы с учетом закономерностей линейной наследственной ползучести производят по формуле

$$S(t) = a_{\kappa.o} \cdot q \cdot h \left[1 + \int_0^t \kappa(\tau) d\tau \right] \quad (1.18)$$

где $a_{\kappa.o}$ — относительный коэффициент компрессионного сжатия;

$\kappa(\tau)$ — ядро ползучести, характеризующее скорость деформации при единичной уплотняющей нагрузке.

Если принять наиболее употребительный экспоненциальный вид ядра ползучести

$$\kappa(t - \tau) = \delta \cdot e^{-\delta_1(t - \tau)}, \quad (1.19)$$

где δ, δ_1 — параметры ползучести.

Формула для осадки слоя принимает вид

$$S(t) = a_{\kappa.o} \cdot q \cdot h \left[1 + \frac{\delta}{\delta_1} (1 - e^{-\delta_1 t}) \right] \quad (1.20)$$

Для оценки изменений во времени состояния породных масс отвалов в МГГУ выполнялись натурные наблюдения, включающие замеры порового давления в водонасыщенных глинистых породах, замеры общего давления отвальных пород, инструментальные замеры параметров насыпей на различные моменты времени и испытания пород методом вращательного среза. В наибольшем объеме

исследования проведены на отвалах № 3а и 4 Михайловского карьера (КМА).

Замеры порового давления на отвале № 3а производились в водонасыщенных гумусированных суглинках основания и в глинистых породах тела насыпи (нижний ярус высотой 11 м)). Мощность сильносжимаемых пород основания в зоне натурных замеров составляла около 4 м.

Для определения порового давления использовали стандартные пьезодинамометры и штанговые пьезодинамометры.

На отвале в связи с выдавливанием основания неоднократно возникали оползни, препятствующие отвалообразованию. Замерами было установлено быстрое рассеивание порового давления в породах основания при пригрузке основания песчаной насыпью высотой 5 м, создаваемой с помощью бульдозера. В этом случае опасные деформации отвального откоса отсутствовали. При отсыпке в нижнюю часть отвала глинистых пород поровая вода воспринимала практически всю внешнюю нагрузку, и рассеивание порового давления было незначительным. В глинистых породах нижнего яруса отвала также развивалось поровое давление. Вследствие выдавливания основания при малой сопротивляемости пород сдвигу возникали оползни подподошвенного типа.

Определяющее влияние порового давления на устойчивость отвала №3а подтвердилось расчетами устойчивости, выполненными для зоны натурных замеров, которые показали, что устойчивость отвального откоса даже малой (11 м) высоты не может быть обеспечена, если не приняты меры для упрочнения сильносжимаемых пород оснований.

При отсыпке на сложенный лесовидными суглинками склон отвала №4 Михайловского карьера происходили крупные оползневые деформации откосов: протяженность оползневого участка, приуроченного к погребенной ложбине стока, после складирования отвальных масс в деформированной зоне достигала 500 м.

Исследования физико-механических свойств пород оснований показали, что с глубины 7-7,5 м суглинки находятся в водонасыщенном состоянии ($G = 0,95$). В связи с этим датчики порового давления закладывались в скважины на глубинах 7, 9 и 9,5 м, что позволило исследовать динамику порового давления на границе с неводонасыщенными породами ($G_1 < 0,5$) и в глубине обводненной толщи.

Усредненная величина плотности отвальных пород для периода формирования отвальных откосов устанавливалась с использованием данных замеров общего давления грунтовыми динамометрами,

располагавшимися с заглублением на 0,2-0,3 м от поверхности основания в опорных плитах. Систематические замеры осуществляли в течение 70 сут после нагружения измерительных точек. Момент полного рассеивания избыточного порового давления не был зафиксирован в связи с отсыпкой следующих отвальных заходов.

Обработка натуральных данных для измерительных точек, расположенных в слое водонасыщенных суглинков основания, производилась с использованием представлений теории нелинейной консолидации.

Параметры ползучести и коэффициент сжимаемости маловодонасыщенных глинистых пород (четвертичных суглинков) системы «насыпь-основание» отвала определяли методом обратных расчетов по данным инструментальных наблюдений за осадками в пределах трех профильных линий, заложенных на расстоянии около 100 м друг от друга. Систематические наблюдения, проведенные по трем рабочим реперам (в каждом профиле) в течение периода до 30 сут, показали, что максимальная величина осадки насыпи составила 12,3 см при высоте откоса 25 м.

Параметры ползучести δ и δ_1 и величину «первичного» коэффициента компрессионного сжатия a^0_k определяли с учетом блоковой схемы отсыпки путем решения системы трех уравнений вида (1.20). В табл. 1.9 приведены средние значения параметров ползучести и величины a^0_k .

ТАБЛИЦА 1.9.

ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ ПОРОДОСНОВАНИЯ ОТВАЛА

Средняя нагрузка от массы пород отвала, q , кгс/см ²	Средние значения параметров		
	δ , 1/сут	δ_1 , 1/сут	a^0_k , см ² /кгс
1,6	1,162	$2,76 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
2,0	$5,16 \cdot 10^{-1}$	$5,16 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
2,5	$8,91 \cdot 10^{-1}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$

Полученные для отдельных точек параметры позволяют с достаточной точностью описать построенные по данным натуральных наблюдений кривые развития осадок насыпей во времени. Прогнозные расчеты уплотнения насыпей, сложенных четвертичными суглинками, применительно к условиям карьеров КМА могут выполняться с использованием средних значений параметров из табл. 1.7. Как по-

казал анализ расчетных зависимостей, уплотнение насыпных суглинков развивается наиболее интенсивно в течение 40-50 сут после укладки их в отвал и практически завершается за период 180-360 сут (в зависимости от высоты насыпи).

На Богдановском марганцеворудном карьере датчики закладывались в основание отвала из глинистых песков, в глинистые породы искусственного основания отвала (внутрикарьерной автодороги) и тело отвала. В породах основания отвала с коэффициентом водонасыщения $G > 0,9$ поровая вода воспринимала от 50-59 до 5% внешней нагрузки. Такие колебания порового давления объясняются существенными различиями фильтрационных характеристик пород. Вода из слоя перемешанных лессовидных суглинков и красно-бурых глин отжималась в слой глинистых песков и далее в сторону откоса (к зонам с пониженным давлением). В теле отвала поровое давление было равно $0,3 \text{ кгс/см}^2$, что обусловлено малой водонасыщенностью слагающих насыпь глин ($G = 0,7$).

Результаты кратковременных (в течение 5 сут) замеров порового давления в середине глинистого слоя в основании отвала сопоставлялись с данными расчетов по формулам одномерной и плоской задач фильтрационной консолидации. При расчетах учитывались перерыв в отсыпке отвальной заходки и неполное восприятие внешней нагрузки поровой водой. Анализ результатов подтвердил целесообразность использования решений одномерной задачи при отношении ширины полосы загрузки к мощности слоя выше 10 и показал, что при блоковой отсыпке (заходками) вполне допустимо полагать уплотняющую нагрузку приложенной мгновенно.

Определение характеристик деформируемости пород тела и основания отвалов по результатам натурных наблюдений позволяет получать наиболее надежные данные для оценки устойчивости откосов во времени и регламентирования режима отвалообразования, обеспечивающего повышение емкости отвалов.

При фронтальной отсыпке отвалов величину избыточного порового давления в водонасыщенных глинистых породах оснований следует определять с учетом темпа роста уплотняющей нагрузки, так как использование решений теории уплотнения для мгновенно приложенной нагрузки дает завышенные значения порового давления и приводит к занижению расчетных показателей сопротивления пород сдвигу и допустимых параметров откосов.

Следует отметить, что в нижней части отвальных насыпей под действием нагрузки от насыпных масс обычно формируются слои, где коэффициент водонасыщения глинистых пород близок к единице.

Мощность таких слоев следует определять с помощью зондирования или специальных лабораторных экспериментов.

Прогноз характера протекания осадок многоярусных отвальных насыпей во времени позволяет уточнить их фактические объемы еще на стадии проектирования и оценить возможности размещения дополнительных объемов вскрышных пород без увеличения площадей горных отвалов на основе оценки устойчивости откосов.

Геомеханические процессы в отвальных массивах изучались МГГУ на ряде объектов КМА, Кузбасса, Подмосковья.

С целью сокращения земель, нарушаемых горными работами, в 1989г. МГГУ проведено геомеханическое обоснование технологии формирования внутренних отвалов в обводненном выработанном пространстве карьера «Гралево» (ПО «Доломит», Белоруссия). Геомеханическим расчетам предшествовали натурные и лабораторные исследования, предусматривавшие комплексное определение водно-физических, прочностных, деформационных и фильтрационных свойств отвальных грунтов (С.Е. Жданов, С.А. Яковчук).

Обобщенный график сопротивления сдвигу обводненных отвальных грунтов получен по результатам вращательного среза поворотной крыльчаткой. В табл. 1.10 приведены данные о расчетных сдвиговых характеристиках обводненных отвальных грунтов.

ТАБЛИЦА 1.10.

ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Степень уплотнения U	Угол внутреннего трения φ , град	Сцепление C , кг/см ²
1	22	0,27
0,7	17	0,19
0	7	0,15

Результаты пенетрационных испытаний представлены в табл. 1.11.

В качестве расчетных были приняты следующие показатели: $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$; $\varphi = 17^\circ$; $C = 1,9 \text{ т/м}^2$.

Для определения возможности размещения драглайна ЭШ 10/70 на отвале, отсыпанном в обводненное выработанное пространство, рассмотрен ряд расчетных схем, предусматривающих превышение отвала над уровнем воды в интервале 5 - 15 м с учетом нагрузки от драглайна и щебеночной подушки толщиной 1,5 м. Рас-

четы устойчивости нагруженного откоса, по методу ВНИМИ, показали, что работа экскаватора на насыпном обводненном основании не обеспечивается.

ТАБЛИЦА 1.11.

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ АВТООТВАЛА ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (q_3)**

Глубина погружения, м	q_3 , МПа	Консистенция	I_L	φ , град.	C , МПа	$E_{нор.}$ МПа
6	0,40	текуче-пластичная	0,75-1,0	16	0,18	28,0
10	0,43	"-	"-	"-	"-	30,1
14	0,48	"-	"-	"-	"-	33,6
16	0,55	мягко-пластичная	0,6-0,75	"-	"-	
18	0,60	"-	"-	"-	"-	
20	0,64	"-	"-	"-	"-	
22	0,64	"-	"-	"-	"-	
23	0,70	"-	"-	"-	"-	

Оценка устойчивости сухих отвалов на слабом основании включала также проверку несущей способности грунтов с использованием методов предельного напряженного состояния. Максимальная несущая способность основания рассчитывалась по формуле Прандтля-Рейснера.

Для обводненной части отвала (слабое основание) построили график зависимости несущей способности от высоты надводной части из доломитового щебня с плотностью $\gamma=2$ т/м³. Сдвиговые характеристики обводненной части, учитывая тиксотропные явления, принимались равными $\varphi=7^\circ$, $C=1,5$ т/м².

Определение высоты необходимой щебеночной подушки, обеспечивающей $R_{дон}$ для работающего ЭШ 10/70, проводилось с учетом того, что степень уплотнения надводной части отвала $U=0,7$.

Анализ полученных решений позволил обосновать оптимальный режим горных работ, предусматривающий:

- размещение экскаватора ЭШ 10/70 на площадке нижнего добычного уступа, что обеспечивает безопасное отвалообразование;
- создание до максимальной начальной высоты отвальной насыпи, что приведет к инициированию оползневых смещений отвальных масс в сторону обводненного выработанного пространства; на основе опыта применения новых способов отвалообразования (Михайловский и Стойленский ГОКи КМА) с одной установки экскаватора возможна укладка 2-х отвальных заходов в режиме оползневых деформаций;
- после стабилизации оползневых деформаций, сопровождающихся вытеснением обводненных отвальных масс и уплотнением их в зоне, примыкающей к добычному уступу, следует произвести планировку отвального массива бульдозером.

В 1990 г. объектами геомеханических исследований МГГУ (С.Е. Жданов и др.) явились отвалы № 2 и № 7 МГОКа.

Отсыпка двухярусного отвала № 2 производилась (по данным НИИКМА) в течение 1967 года, после чего тело отвала «отдыхало», уплотняясь под действием собственного веса. Формирование отвала № 7 было начато в 1966 г. и до 1970 г. было отсыпано 4 яруса общей мощностью около 40 м, затем после 18-ти летнего перерыва в течение I II квартала 1988 г. был отсыпан 17-и метровый ярус.

Результаты комплексного зондирования отвальных массивов (табл. 1.12) позволили определить значения прочностных характеристик φ и C на данный момент времени и на момент завершения фильтрационной консолидации.

Сравнение расчетных и экспериментальных значений избыточного порового давлений свидетельствует о хорошей сходимости (расхождения не превышают 10-15%), что подтверждает правильность выбранной расчетной схемы.

Низкие значения P_u позволяют сделать вывод, что период рассеивания порового давления практически завершен и дальнейший прогноз развития осадок необходимо осуществлять на основе модели к вазииоднородной среды.

ТАБЛИЦА 1.12.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НА ОТВАЛАХ МГОКА

Отвал №2, скв. 1/90				Отвал №7, скв. 2/90			
Интервал испытаний, м	Сопротивление вращательному срезу, τ , МПа	Сопротивление задавливанию q_3 , МПа	Избыточное поровое давление $P_{и}$, МПа	Интервал испытаний, м	Сопротивление вращательному срезу, τ , МПа	Сопротивление задавливанию q_3 , МПа	Избыточное поровое давление $P_{и}$, МПа
4,0	0,041	6,5	0,02	4,0	0,045	6,5	0,006
10,8	0,063	7,0	0,07	5,0	0,063	7,1	0,0151
13,0	0,070	5,4	0,08	10,0	0,097	6,5	0,032
15,5	0,092	6,9	0,037	13,4	0,128	7,2	0,015
17,6	0,073	6,0	0,054	15,8	0,152	6,8	0,108
19,9	0,133	4,8	0,100	20,0	0,160	3,2	0,040
25,2	-	4,5	0,112	25,0	-	4,4	0,068
25,5	-	6,2	0,085	30,0	-	4,0	0,034
25,8	-	5,9	0,063	35,0	-	4,0	0,060
31,0*	-	4,8	0,103	40,0	-	4,9	0,040
				45,0	-	4,8	0,024
				51,0	-	5,2	0,118
				56,0	-	4,8	0,034
				62,0*	-	6,8	0,122

* замер произведен в лессовидных суглинках естественного основания.

Методом обратных расчетов (по данным об осадках отвального массива с использованием зависимости 1.20) были определены параметры ползучести (δ , δ_1) и величины «первичного» и суммарного коэффициентов компрессионного сжатия. Расчет уплотнения и несущей способности отвальных массивов, выполненный с использованием формул 1.17, 1.18, позволил обосновать возможность увеличения емкости существующих отвальных сооружений МГОК. В 1990 г. МГГУ проведены исследования на Ангренском угольном разрезе с целью геомеханического обоснования технологических решений по формированию внешних отвалов, отсыпаемых на площади хранилища отходов углеобогащения, представленных толщей водонасыщенных тонкодисперсных грунтов.

ТАБЛИЦА 1.13

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ НАМЫВНОГО МАССИВА

Зона	Глубина отбоя, м	Содержание (%) частиц (мм)			Плотность, г/см ³			Влажность, %	Число пластинности	Показатель консолидации	Коэффициент пористости	Степень водонасыщения
		0,05	0,05-0,005	0,005	Минеральных частиц	Естественная	Скелета					
Ядерная	0,8-1,3	59,84	33,72	7,44	2,12	1,43	0,82	70,4	21,89	1,89	1,53	0,98
То же	4-6	50,24	42,82	6,78	2,06	1,47	0,95	65,1	23,70	1,09	1,31	0,99
То же	4-6	40,16	50,64	9,20	2,01	1,48	0,88	68,5	18,86	0,94	1,29	0,99
«Пляжная»	5,5	19,68	21,15	59,17	2,03	1,33	0,85	54,9	-	-	1,37	0,81
Ядерная	4-6	61,76	35,04	3,3	2,06	1,62	1,07	52,0	23,22	0,46	0,93	1,0

Программа предусматривала изучение свойств грунтов и расчеты устойчивости отвальных массивов, формируемых по различным технологическим схемам.

Натурные испытания включали комплексное зондирование намывной толщи для определения величин порового давления и сдвиговых характеристик, а также уточнения строения и мощности намывных слоев в пределах выделенных карт.

Зондирование и разведочное бурение выявило неоднородное строение толщи, наличие линз грубозернистого материала, отсутствие порового давления в массиве; максимальная мощность намывной толщи составила 7,5 м.

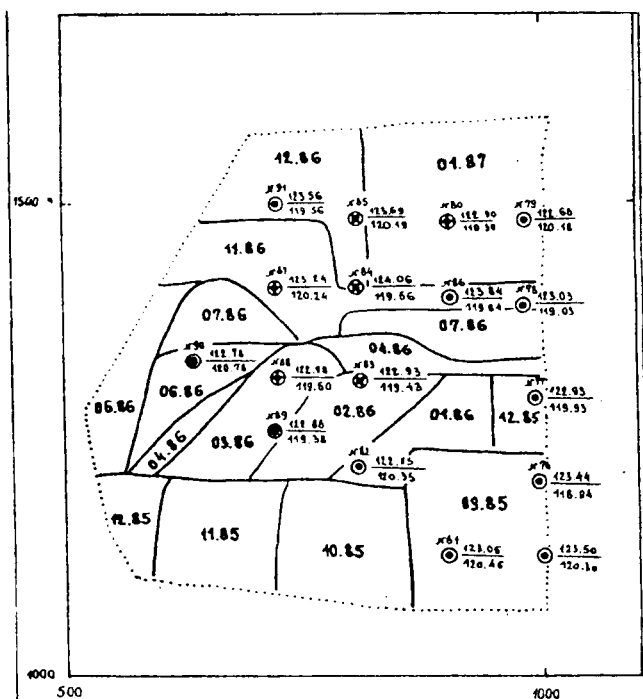
В лабораторных условиях определялись характеристики намывных масс: показатели водно-физических свойств (влажность, плотность минеральных частиц, пористость, водонасыщенность), показатели компрессии и консолидации, сопротивление сдвигу, гранулярный и минеральный составы.

Результаты исследований физико-механических свойств грунтов приведены в табл. 1.13. По данным гранулометрического анализа в намывной толще выделены две разности пород - глина и суглинок средний, образование которых связано с фракционированием частиц во время намыва.

Намывной массив имеет концентрическую структуру, что обусловлено технологией намыва отходов углеобогащения (перемещением положения точек выпуска пульпы по периметру намываемых карт). В центральной части (ядерной зоне) накапливались мелкие, хорошо отсортированные частицы, а на периферии - грубозернистый материал. Ширина «пляжной» зоны в районе выпуска 50-80 м, в среднем 10-20 м.

Высокие значения коэффициентов пористости обусловили повышенную сжимаемость намывных слоев. Коэффициенты сжимаемости изменяются от $0,65 \text{ МПа}^{-1}$ - для слоев, уплотненных под действием внешней нагрузки и собственного веса грунтов, до $1,04 \text{ МПа}^{-1}$ - для свеженамытых слоев (рис. 1.16).

Рассматривались следующие варианты формирования отвала: отсыпка упорной дамбы на намывном основании; предварительная выемка намывных слоев и отсыпка упорной дамбы на естественном основании из валунно-галечниковых отложений; выдавливание отсыпаемой массой отвала слабых намывных грунтов основания в подготовленную емкость.



Шатурский участок намыва Московского СУ
Масштаб 1:5000

Система координат условная Изыскательские скважины
Система высот Балтийская института Гидропроект
(1988 г.)

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

- $\frac{121.85}{120.55}$ — отметка земной поверхности;
 ● $\frac{121.85}{120.55}$ — отметка поверхности кровли торфа;
 09.85 — время намыва карты.

- ⊕ — зондировочные скважины ⊕ — крыльчатка

Рис. 1.16 План участка со слабым основанием

При расчетах устойчивости отвальных массивов, отсыпаемых на слабых основаниях, принимались во внимание четыре инженерно-геологических элемента (ИГЭ) с различными физико-механическими свойствами (табл.1.14).

ТАБЛИЦА 1.14

**РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ОТВАЛА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СВОЙСТВ ПОРОД**

Номер ИГЭ	Естественная плотность, т/м ³	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град.
I	1,8	0,01	30
II	1,8	0,02	25
III	1,5	0,02	7
IV	1,6	0,03	13

I - валунно-галечниковые массивы ограждающей дамбы; II - суглинки тела отвала; III - намывные отходы углеобогащения; IV - персотноженные и выдавленные отходы углеобогащения. Свойства отходов углеобогащения дифференцированы в зависимости от степени уплотнения U . Так для ИГЭ III степень уплотнения принята близкой к условиям закрытой системы ($U=0$), а для ИГЭ IV - $U=0,5$ отвечает результатам натурных исследований материала дамб транспортных отвалов в пределах действующего хранилища.

Расчеты устойчивости выполнялись методами алгебраического суммирования сил по плавной криволинейной поверхности скольжения и многоугольника сил. Анализ результатов показывает, что требованиям обеспечения устойчивости отвала отвечает технологическая схема формирования отвального массива тремя ярусами до с генеральным углом не более 15° . Отсыпку нижнего яруса необходимо осуществлять драглайном.

Для безопасного функционирования отвала следует создать ограждающую дамбу высотой 35-40 м из валунно-галечникового материала с генеральным углом внешнего откоса 30° . Превышение гребня дамбы над нижней бровкой намывного массива - 5-10 м. Чтобы снизить отрицательный эффект выдавливания намывных масс, целесообразно осуществлять двустороннюю отсыпку суглинков.

При инженерном освоении территорий в ряде случаев необходимо вести строительство промышленных и гражданских объектов на слабых (заторфованных, водонасыщенных) грунтах, что возможно

при соответствующей их подготовке. Геомеханическое обоснование подготовки такого «слабого» основания под жилищное строительство в Подмоскovie выполнено МГТУ (В.В.Никитин и др.) по заявке Московского строительного управления треста «Энергогидромеханизация».

В ходе разведочного бурения детализирован геологический разрез участка намыва, представлен флювиогляциальными отложениями, подстилающими слой торфяника, на поверхности которого залегает слой намывных песков мощностью 2,0 - 4,4м.

Изучение физико-механических и водно-физических свойств грунтов проводились по образцам торфа ненарушенной структуры.

Комплексное зондирование включало замеры порового давления и определение прочностных характеристик торфов методом вращательного среза и проводилось в 4-х точках, с параллельным отбором проб из скважин, пробуренных в непосредственной близости от точек зондирования.

Значения прочностных характеристик (угла внутреннего трения и сцепления), полученные методом вращательного среза, оказались на 10-20% ниже аналогичных, полученных в лаборатории и составили $4-8^{\circ}$ (угол внутреннего трения) и 0,004-0,018 МПа (сцепление).

Систематические инструментальные наблюдения (мониторинг) за осадками поверхности по общепринятым методикам с помощью наблюдательных станций на данном участке не проводились. Поэтому изучение осадков по времени возможно лишь по имеющимся в наличии материалам тахеометрической съемки 1988 г. и буровых работ института Гидропроект, а также исполнительным документам по производству намывных работ.

ТАБЛИЦА 1.15

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДИНАМИКИ ОСАДКОВ
ПОВЕРХНОСТИ ТОРФЯНОГО ОСНОВАНИЯ

№ скв.	Осад- ки, $S(t)$, м	Время отды- ха, мес.	Мощ- ность слоя пес- ка, h, м	Начальная мощность торфа, $h_{нач}$, м	Степень разл-ия R , %	$U(t)$	S_{∞} , м
89	2,02	29	3,5	5,32	68,0	0,704	2,87
87	1,26	24	3,0	5,26	75,0	0,584	2,16
80	1,57	21	3,0	5,77	55,0	0,543	2,89
88	1,85	29	3,5	5,15	75,0	0,766	2,41

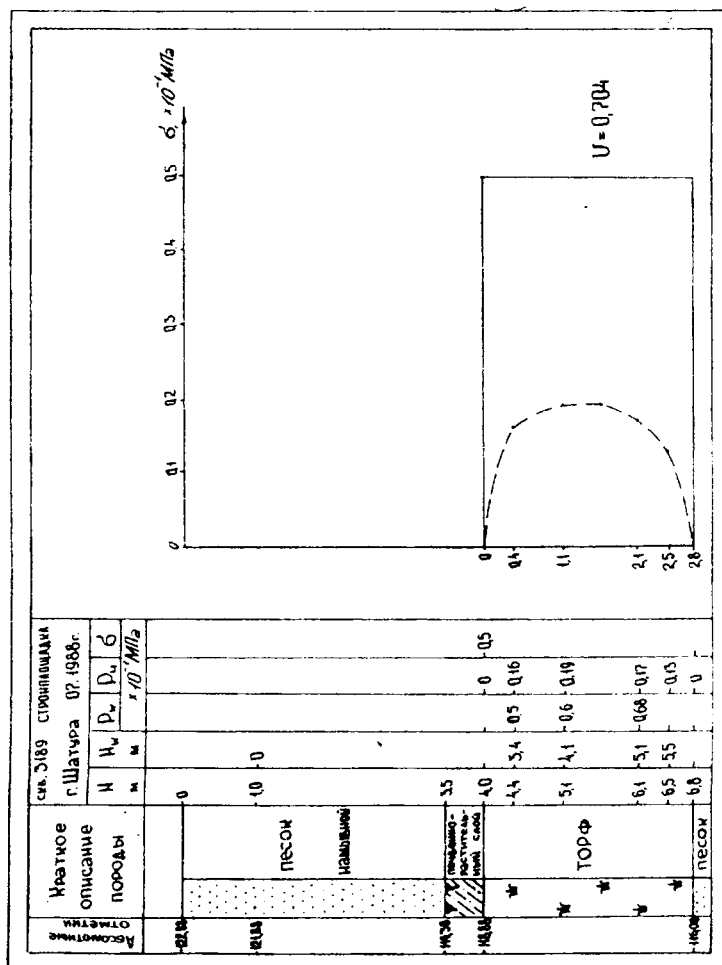


Рис. I.17 Результаты комплексного зондирования техногенного мас-
сива

В табл. I.15 даны выборочные данные по 4 буровым скважинам, отображающие динамику изменения осадки слоя торфа и порового давления во времени при условно-мгновенной приложенной нагрузке.

Там же приведены значения степени уплотнения $U(t)$, установленные по результатам зондирования с помощью штанговых пьезодинамометров (рис. I.17).

Процесс уплотнения торфяного основания под действием намывной песчаной подушки описывается обычно с применением решений одномерных задач линейной и нелинейной фильтрационной консолидации.

Для прогноза уплотнения сильносжимаемых оснований используются решения, соответствующие условно мгновенному ($q = \text{const}$) и постепенному ($q = \alpha t$) приложению равномерно-распределенной нагрузки.

При подготовке слабых оснований с помощью песчаных подушек в сочетании с дренажными прорезями при значительном (более пятикратной ширины прорези) расстоянии между ними расчет уплотнения торфяных слоев следует проводить по схеме свободных деформаций. Необходимо учитывать также фильтрационную анизотропность оснований, т.к. коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении в 5-10 раз больше, чем в вертикальном.

Вода, отжимаемая из пор водонасыщенных грунтов, движется к песчаной подушке и в дренажную призму (прорезь), т.е. в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Решение двухмерной задачи фильтрационной консолидации находится по формуле Н.Карилло с использованием решений двух одномерных задач.

$$P_{uz} = P_{ur} \cdot P_{uz} / P_{uo}, \quad (1.21)$$

где P_{uzz} — поровое давление при одновременном движении воды в песчаную подушку и дренажную прорезь;

P_{uz} — поровое давление при движении воды только в песчаную подушку.

Общая степень уплотнения $U\Sigma$ рассчитывается по теореме Н.Карилло из выражения

$$1 - U\Sigma = (1 - U_r)(1 - U_z), \quad (1.22)$$

где U_r, U_z — степени уплотнения при движении воды соответственно в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Решения одномерных задач при постепенном и условно-мгновении приложении нагрузки q приводятся обычно в виде графиков

$$P_u = f(Z/h, m) \text{ и } U = \varphi(m)$$

С учетом структурной прочности P_{cmp} и начального градиента напора i_0 начальное поровое давление P_{uo} и радиус влияния дренажной прорези R_ϕ определяются в виде

$$\begin{aligned} P_{uo} &= q - P_{cmp}, \\ R_\phi &= q - P_{cmp} / \gamma_{oi} i_0, \end{aligned} \quad (1.23)$$

Решения задач фильтрационной консолидации позволяют удовлетворительно описывать развитие осадок сильносжимаемых грунтов в пределах 80-90% максимальной (стабилизированной) осадки. Для повышения точности описания процесса уплотнения может быть использовано решение одномерной задачи консолидации и ползучести двухфазных грунтов с учетом взаимодействия фаз, полусное Ю.К.Зарецким.

По мнению ряда исследователей (Новиков М.Ф. и др.) основными факторами, влияющими на процесс консолидации торфа, являются фильтрационное сопротивление поровой воды, переменность сжимаемости и водопроницаемости, начальный градиент напора, структурная прочность и, в меньшей степени, ползучесть скелета.

Нелинейный характер консолидации торфа целесообразно учитывать на основе теоретических представлений Ю.К.Зарецкого, который отмечает следующие основные особенности консолидации торфяных и илистых грунтов: нелинейная зависимость уплотнения от прикладываемого давления; зависимость водопроницаемости от уплотнения; влияние степени разложения торфа на водопроницаемость и механические свойства; зависимость водопроницаемости от времени; анизотропия и пр.

Протекание осадки во времени, сроки стабилизации и характер рассеивания порового давления этих грунтов существенно зависят от величины приложенной уплотняющей нагрузки. На основе имеющихся экспериментальных исследований сжимаемости и проницаемости илов и торфов (Амарян А.С. и др.) получены зависимости изменения коэффициента пористости и коэффициента фильтрации от уплотняющего давления

$$\psi = \exp(-\alpha q), k = k^{(0)} \cdot \psi^n \quad (1.24)$$

где $\psi = (\varepsilon - \varepsilon^{(k)}) / (\varepsilon^{(0)} - \varepsilon^{(k)})$

ε_0 и ε_k — начальный и конечный коэффициенты пористости;

α — характеристика компрессионной кривой;

n — безразмерный параметр ($n > 1$).

В МГГУ разработана упрощенная методика определения параметров нелинейной консолидации C_v и λ для выражения

$$C_v = C_v^0 \exp(-\lambda q) \quad (1.25)$$

по результатам измерений во времени (при различных уплотняющих нагрузках $q = \text{const}$) порового давления и осадок. В формуле (1.25) $\lambda = -\frac{(n-1)\alpha}{2}$. Для получения параметров λ и n необходимо располагать данными компрессионно-фильтрационных испытаний.

Параметры консолидации можно определить, если принять за начало фильтрационной консолидации момент начала намыва песка.

Результаты вычислений величин коэффициентов приведены в табл. 1.16.

ТАБЛИЦА 1.16

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНСОЛИДАЦИИ

№ скв.	$\lambda, \times 10^{-1}, \text{МПа}$	$C_v, \text{м}^2/\text{сут}$
89	1,199	0,00363
87	1,027	0,00270
80	1,252	0,00321
88	1,040	0,00463
Среднее значение	1,1295	0,00354

Расхождение между значениями коэффициента сжимаемости, полученными по результатам натурных и лабораторных исследований составило 63,8% и может быть объяснено влиянием масштабного эффекта, а также недостаточным количеством исходных данных.

В то же время, оба значения могут быть использованы в расчетах конечной осадки торфяного слоя в качестве пессимистического и оптимистического оценочного параметра. Исходя из этого положения, можно предположить, что величина конечной осадки слоя торфа мощностью $h_{нач} = 5,4$ м и составит 1,84 - 1,0 м при нагрузке порядка $0,5 \cdot 10^{-1}$ МПа.

Такая большая величина доверительного интервала является недопустимой при строительстве на намывных территориях гражданских и промышленных объектов повышенной категоричности.

Как показали проведенные исследования, при существующей технологии подготовки территории строительства отвод воды из намывного основания не обеспечивается. Намыв песчаной подушки лишь создает условия для работы механизмов, но не предусматривает дренаж технологической и отжимаемой из торфяного основания воды.

Для повышения качества подготовки заторфованных территорий предлагается:

- контролировать развитие осадок торфяного основания и порового давления с начального этапа намывных работ для получения надежной информации о деформационных характеристиках торфов с помощью системы мониторинга;
- создавать наряду с песчаной подушкой дренажные прорезы (канавы), заполненные фильтрующим материалом, для ускорения консолидации торфов и отвода воды с подготавливаемой территории.

Для расчета консолидации торфяного основания под влиянием песчаной подушки и дренажных прорезей необходимо располагать результатами компрессионно-фильтрационных испытаний торфов. Ориентировочно объем отжимаемой из торфов воды, подлежащей отводу с рассматриваемой территории, определяется как произведение средней осадки $S(t)$ на площадь $S_{уч}$.

В ряде работ, посвященных намыву песчаных подушек на слабые торфяные основания (Каминская В.И. и др.), отмечается возможность образования водоупорного слоя на контакте «торф - песчаная подушка». В этом случае основной причиной обводненности песчаных подушек будет инфильтрация атмосферных осадков и технологических вод гидромеханизации.

Применительно к условиям г.Шатуры отвод этих вод с территории связан со значительными трудностями, поскольку уровень о. Святое колеблется в интервале 121,5 - 121,8 м, а уровень водоносного горизонта по данным гидрогеологических наблюдений колеблется на отметках 121,3 - 123,3. м.

С целью уменьшения вредного влияния подземных вод на сооружаемые объекты можно предложить повышение абсолютной отметки песчаной подушки.

В Санкт-Петербургском инженерно-строительном институте используют методику инженерно геологического картирования для оценки площадок строительства по критерию осадки. В порядке проектного анализа градостроительной ситуации для нового района г. Санкт-Петербурга было выполнено зондирование территории с учетом мощности намытого грунта, мощности толщи слабых грунтов (ленточных глин, заторфованных супесей и др.) и глубины кровли слабосжимаемого грунта (моренного суглинка). Применительно к задачам массового жилищного строительства рассматривали площадь загрузки размером в плане 100 х 12 м и заглубление на 2 м. На рис. I.18а показана полученная в СПБИСИ карта изолиний осадок с шагом 1см, которая построена на основе данных расчета по скважинам при нагрузке 90 кПа (от 9-этажного здания).

На рис. I.18б показана карта проектируемых кварталов, построенная путем обобщения карт изолиний осадок для удельных нагрузок 90, 120 и 150 кПа, соответствующих 9-, 12- и 16-этажным жилым зданиям. На этой карте по критерию допустимой средней осадки для панельных зданий, равной 8 см (СНиП 2.02.01-83), выделены зоны, где возможно строительство домов различной этажности.

Для составления подобных карт необходимо получение надежной инженерно-геологической информации о поведении слабых естественных оснований при их нагружении намытыми песчаными подушками. Самостоятельное значение имеет изучение отвальных насыпей как оснований хвостохранилищ, создаваемых в выработанном пространстве карьеров.

В заключение рассмотрим примеры геомеханических решений из практики работы горных предприятий Германии .

* Составлено по материалам, предоставленным проф. В.Фёрстером.

Нарушенные площади в Лаузитцком бассейне составляют 400 км². Схематическая карта бассейна дана на рис. I.19.

Отвалы обычно состоят из нескольких ярусов, по меньшей мере из двух, которые могут быть представлены отвалом транспортно-отвального моста и расположенным на нем абзетцерным отвалом. Мостовой отвал включает два уступа: предотвал и главный отвал (рис. I.20).

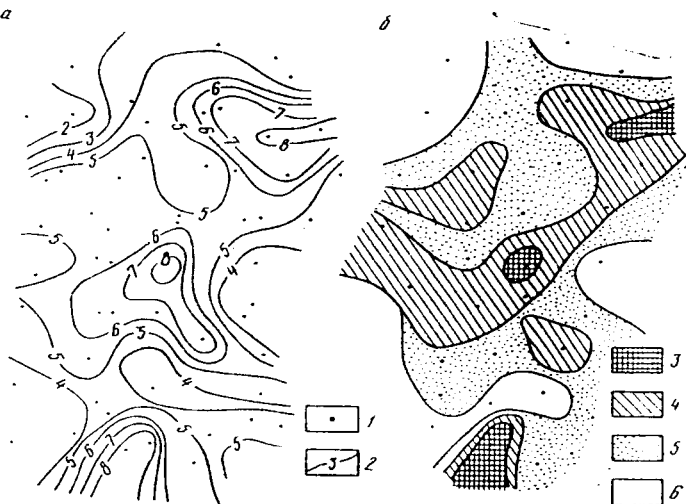


Рис. I.18 Оценка площадок строительства по критерию осадки (по Н.А.Мангушеву)

а) карта изолиний осадок;

б) районирования территории

1 - скважины; 2 - изолинии осадки в сантиметрах; 3, 4, 5, 6 - соответственно для зданий до 9, 12, 16 и свыше этажей

Селективная выемка вскрышных пород позволяет отсыпать предотвал как надежное основание для отвальной опоры моста из крупнозернистого материала (песка и гравия). Высококачественный раздельнозернистый материал извлекается отдельно, по возможности складировается и позднее размещается в отвале. Подобным образом подготавливаются рабочие площадки для абзетцеров. Однако в общем случае возможны существенные петрофизические различия отвальных слоев, обусловленные технологическими факторами.

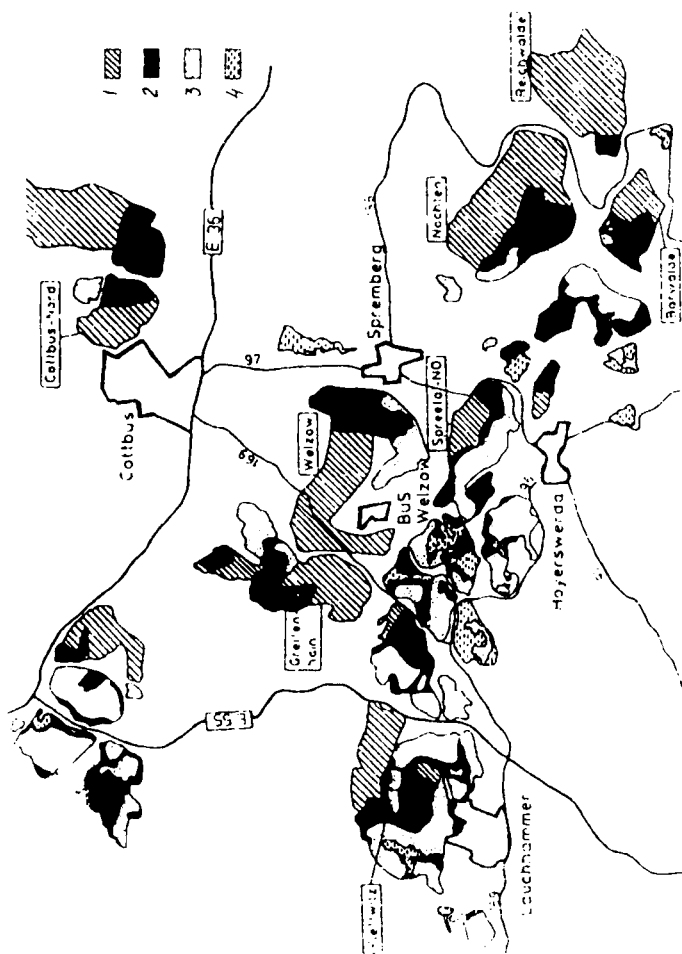


Рис. 1.19 Карьеры лаузитского бурогольного бассейна (по состоянию на 1990 г.)

1, 2, 3 – соответствующие, планируемые к отработке, отработанные и восстановленные площади; 4 – участки затопления (водоемы)

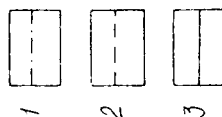
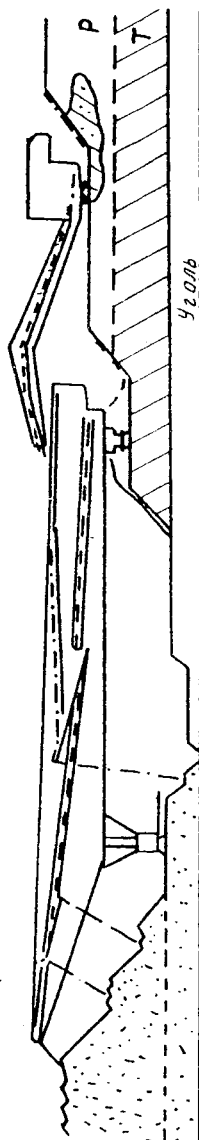


Рис. 1.20 Поперечный разрез карьера:

1, 2, 3 - пути транспортирования вскрыши, соответственно, от верхнего уступа, мостовых уступов верхнего и нижнего черпания

Вследствие перемещения оборудования наблюдается структурирование отвальных масс. Уплотнение отвальных масс происходит в процессе их отсыпки и затем под влиянием собственного веса. Под опорными частями оборудования образуются уплотненные слои мощностью до 3 м.

Отвальные массивы неоднородны и характеризуются сложной пространственно-временной картиной развития осадок. Территории отвалов с учетом значительных прогнозных осадок мало используют для застройки (размещают легкие здания и транспортные коммуникации ограниченной протяженности) и преобладающими направлениями использования отвалов являются сельско- и лесохозяйственное.

Значительные по площади отвальные территории (так, в бывшем округе Коттбус доля отвальных площадей составляет примерно треть горного отвода) в течение длительного времени не могут использоваться для производства строительных работ. В середине 80-х годов была произведена оценка возможности прокладки государственных железных дорог через отвалы. Было установлено, что для отвальных масс наряду с развитием осадок, приобретают большое значение процессы разжижения грунтов. При высоком положении уровня воды, что характерно для объектов Лаузитца, они способны к динамическому разжижению. Поэтому для обеспечения нормативных показателей состояния и свойств грунтов под постелью дорожного полотна необходимо производить уплотнение слоя мощностью до 4 м.

Выделяются следующие составляющие осадок отвалов:

1. Осадки под действием собственного веса. Для условий Лаузитца такие осадки стабилизируются за периоды до 10 лет и составляют 1-1,5% высоты отвалов.

2. Просадки при повышении уровня подземных вод, зависящие от напряженного состояния. По лабораторным данным они составляют до 0,1-0,15% для грунтов поверхностной зоны отвала.

3. Осадки под действием внешней нагрузки. Надежные значения осадок трудно определить, используя лишь лабораторные исходные данные. Поэтому в Средней Германии (карьер Эспенхайн) и в Лаузитце (карьер Еншвальде) проводились опытные отсыпки и измерения маркшейдерскими методами, глубинными реперами и горизонтальными инклинометрами.

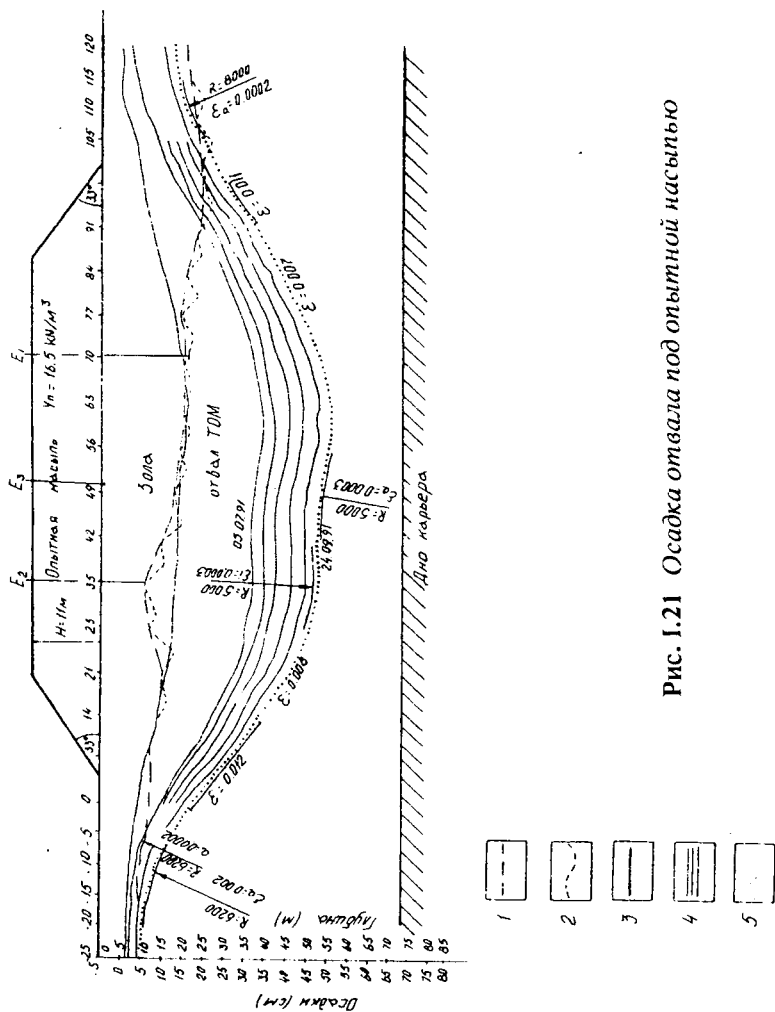


Рис. 1.21 Осадка отвала под опытной насыпью

На карьере Еншвальде опытный участок отсыпки имел размеры в плане 65-95 м при высоте насыпи до 11 м. Угол откоса составлял 33, плотность отвального материала - 1,65 тн/м³. Общая мощность отвального массива составляла примерно 72 м, причем, в верхней части залегает слой золы мощностью от 5 до 14 м. Результаты измерений представлены на рис. 1.21. Наиболее значительными были осадки слоя золы при нагрузке до 0,18 МПа. По натурным данным определены модули деформации для золы $E = 30$ МПа и для отвальной массы $E = 1-14$ МПа.

Для возведения ответственных сооружений рассматривалась возможность глубинного уплотнения отвального массива, например, путем воздействия взрывом.

Оползнями проседания-оплывания охватываются значительные объемы пород. Дамба из насыпного материала между двумя отработанными карьерами при общей высоте отвала 50,5-56,5 м в течение года вследствие подъема уровня воды была нарушена тремя оползнями, объемы которых составляют от 2,0 до 12 млн.м³ при протяженности по фронту до 1500 м. Верхняя площадка отвала в худшем случае захватывалась оползнем на расстоянии до 5700 м от бровки. Значительное количество оползней определило необходимость оценки их влияния на прилегающие территории. Установлена зависимость глубины захвата верхней площадки оползнем от наличия или отсутствия подпора в нижней части и ориентации уступов параллельно или перпендикулярно фронту выемки. Примыкающие к карьерным выемкам территории подвергаются серьезным нарушениям из-за оползней. В 1989 г. для бывшего округа Коттбус нарушенная оползнями площадь составила 4500 га.

К числу основных факторов, определяющих возникновение оползней оплывания-проседания, относят: первичные оползни откосов повышенной крутизны; повышение уровня подземных вод и связанное с ним изменение напряженного состояния; динамические нагрузки; эрозийные процессы.

Для предупреждения оползней необходимо исключить укладку в предотвал склонного к оплыванию материала и уплотнять отвальные массы для изменения их структуры с помощью специальных способов отсыпки.

5. Рекультивация насыпных массивов

Под термином рекультивация понимают комплекс работ по восстановлению продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель и улучшение условий окружающей среды. Выделяют следующие направления рекультивации земель: сельскохозяйственное - создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий; лесохозяйственное - создание лесных насаждений различного типа; рыбохозяйственное - создание в понижениях техногенного рельефа рыбоводческих водоемов; водохозяйственное - создание водоемов различного назначения; рекреационное - создание на нарушенных землях объектов отдыха; санитарно-гигиеническое - биологическая или техническая консервация отрицательно воздействующих на окружающую среду нарушенных земель, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически неэффективна; строительное - приведение нарушенных земель в пригодное для промышленного и гражданского строительства состояние (рис. 1.22). Разработанная ИГТМ АН УССР классификация включает 5 направлений и 68 видов возможного использования нарушенных земельных массивов. Примерно 65% приведенных в классификации видов применяются в отечественной и зарубежной практике открытых горных работ. Рекультивацию обычно осуществляют в два этапа: первый - технический (горнотехнический), второй - биологический, каждый из которых предусматривает проведение комплекса необходимых мероприятий (рис. 1.23).

Техническую рекультивацию выполняют горные предприятия с целью подготовки земель для дальнейшего целевого использования. Этот этап предусматривает следующие работы: планировку поверхности нарушенных земель; выполаживание или террасирование откосов отвалов и бортов карьеров; устранение последствий осадки отвалов; проведение противоэрозионных мероприятий; снятие, транспортирование, складирование (при необходимости) и нанесение на рекультивируемые участки почвенно-растительного слоя и пригодных пород; проведение комплекса мелиоративных работ; строительство различных инженерных коммуникаций.

Второй этап рекультивации - биологический, состоит из агротехнических и мелиоративных мероприятий по восстановлению и улучшению структуры грунтов, повышению плодородия, освоению водоемов, созданию лесов и зеленых насаждений, разведение дичи и животных.

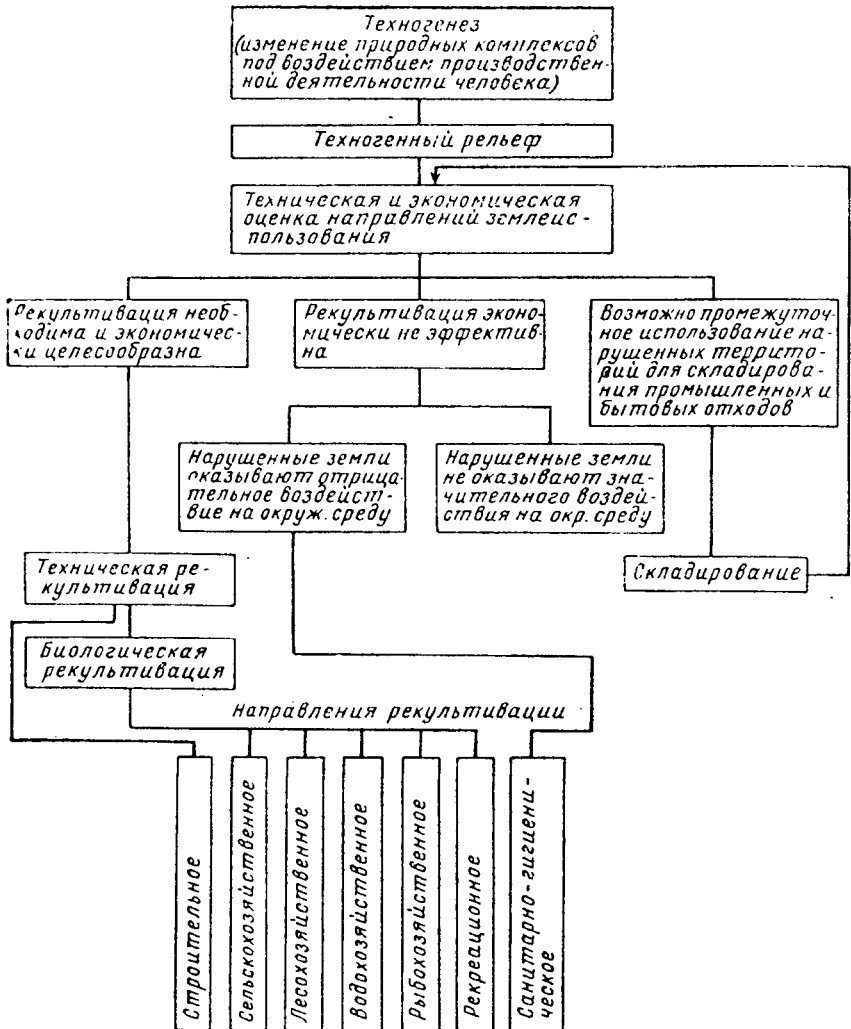


Рис. 1.22 Схема выбора направлений рекультивации (по В.Н.Мосинцу и др.)

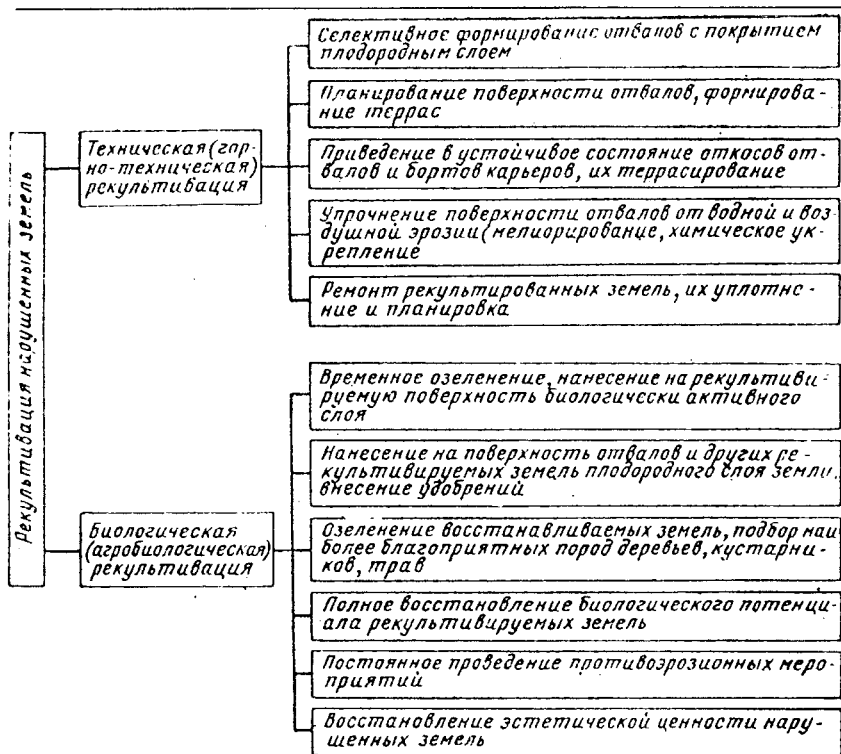


Рис. 1.23. Основные этапы рекультивации нарушенных земель (по В.Н. Мосинцу и др.)

Для проведения рекультивационных работ составляют проект, включающий сведения о климате, общей, социально-экономической и хозяйственной характеристиках района, топографии, гидрологии, свойствах горных пород и почв.

Общая характеристика района содержит данные о географическом местоположении предприятия, землепользователях и агропроизводственных характеристиках земель в пределах земельного отвода.

Социально-экономическая и хозяйственная характеристика содержит сведения о плотности населения, хозяйственной направленности землепользователей, санитарно-гигиенических ус-

ловиях района открытых разработок, перспективе развития района месторождения.

В гидрогеологическом разделе содержатся сведения о режиме и качественные характеристики грунтовых вод в районе нарушаемых и рекультивируемых земель.

Свойства горных пород и почв, получаемые по результатам почвенно-геологических изысканий, должны представлять данные о физико-механических и агрохимических характеристиках горных пород и почв. К физико-механическим характеристикам относятся: крепость пород, минералогический и механический состав, плотность породы и плотность минеральных частиц, углы естественного откоса, сцепление; проницаемость пород оценивают по величине коэффициента фильтрации. Агрохимические свойства оценивают по кислотности, засоленности, содержанию и обеспеченности минеральными питательными веществами; знание этих параметров позволяет устанавливать пригодность горных пород к биологической рекультивации.

Проектирование рекультивационных работ осуществляют при предварительном решении вопросов вскрытия месторождения, режима работ, технологии разработки полезного ископаемого и вскрышных пород, выбора местоположения отвалов и хвостохранилищ и способа отвалообразования вскрышных пород и укладки хвостов обогащения.

Проект рекультивации устанавливает:

- потребность горного предприятия в земельном отводе по каждому объекту (карьерные выемки, внешние отвалы и хвостохранилища, поверхностный технологический комплекс) на период окончания строительства карьера и эксплуатации месторождения;
- среднюю ежегодную потребность в земельном отводе для карьерных выемок, внешних отвалов и хвостохранилищ;
- пригодность вскрышных пород и почв для биологического освоения;
- направления рекультивации и подлежащие каждому из них площади;
- объемы рекультивационных работ по процессам;
- технологию и комплексную механизацию рекультивационных работ;
- календарный план работ;

- мероприятия по оптимизации техногенного ландшафта и территориальной организации рекультивационных работ;
- основные технико-экономические показатели рекультивации.

Как отмечалось ранее, интенсивность нарушения земель и возможность их возврата в народнохозяйственное использование во многом зависят от схемы формирования массива в профиле (по высоте отвалов) – поярусной или одновременной отсыпкой отвальных ярусов. Расчеты и практика показывают, что при первой схеме рекультивационные работы можно начинать через 15-20 и более лет после начала отвалообразования.

Вторая схема отвалообразования позволяет сократить разрыв во времени между изъятием земель и их рекультивацией до 3-7 лет, а также снизить степень водной и воздушной эрозии отвалов. Обеспечивается также поэтапный отвод земель и совмещаются во времени процессы отвалообразования и рекультивации.

Несмотря на сложность организации работы транспорта, особенно железнодорожного, схема обеспечивает минимальный ежегодный земельный отвод под отвалы.

Поэтому с позиций рационального землепользования не следует применять схему поярусного формирования высоких отвалов, особенно на ценных землях, пригодных для сельскохозяйственного производства.

Режим восстановления земель также зависит от развития отвала в плане: односторонняя отсыпка отвала на полную высоту способствует приближению начала рекультивационных работ. Многоэтапное комбинированное формирование отвалов в плане также способствует выбору рационального режима нарушения земель.

В практике рекультивационных работ получили распространение три технологические схемы:

- *совмещенная*, при которой используют основной комплекс горного и транспортного оборудования и работы входят в основной технологический процесс;
- *раздельная*, когда рекультивация рассматривается как самостоятельный технологический процесс и используют специальное дополнительное оборудование вне связи с основной технологией;
- *комбинированная*, наиболее часто применяемая, когда для рекультивационных работ задалживают основное горное

оборудование карьеров и дополнительно используют специальное оборудование.

Пример выполнения работ по первой схеме представлен на рис. 1.24.

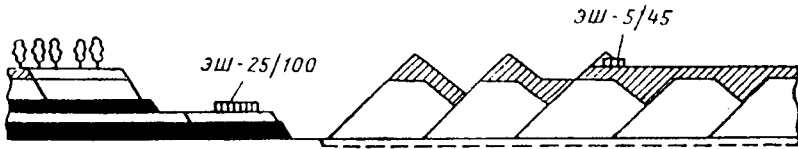


Рис. 1.24 Горнотехническая рекультивация внутренних отвалов при селективной разработке вскрыши по бестранспортной схеме (по В.Н. Мосинцу)

Высота отвалообразования влияет не только на эффективность вскрышных работ и интенсивность нарушения окружающей среды, но и на стоимость и трудоемкость процессов горнотехнической рекультивации: с увеличением высоты отвала снижаются затраты на утилизацию чернозема, но одновременно возрастают затраты по выполаживанию откосов.

Интенсивность пыления внешних отвалов определяется скоростью ветра и продолжительностью хранения пород в отвале (табл. 1.17). Степень пыления зависит также от высоты отвала.

Площадь пылеобразования определяется высотой отвала и сроком его эксплуатации (рис. 1.25).

Ожидаемый объем пылеобразования зависит от высоты отвала и возрастает в пределах исследуемого ее интервала более чем в 1,5 раза.

Если учесть, что радиус выпадения частиц пыли при развевании отвалов ветром составляет 3-4 км, то, например, сооружение отвала Губкинского карьера обусловит загрязнение не менее 4,5 тыс. га земель сельскохозяйственного пользования, что приведет к снижению урожайности, необходимости освоения новых земель и потере дифференциальных рент.

ТАБЛИЦА 1.17

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ПЫЛЕЕНИЯ ОТВАЛОВ
(ПО В.Н.МОСИНЦУ И ДР.)

Скорость ветра, м/с	Количество сдуваемой пыли, г/м ² с	
	Свеженасыпанные отвалы	через 3 месяца после отсыпки
Не более 1,5	0,01	0,006
7 - 8,6	0,09	0,07

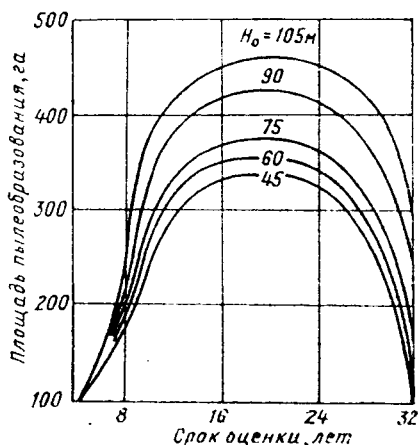


Рис. 1.25 Изменение величины площади пылеобразования в зависимости от высоты отвала и срока оценки

Применительно к условиям КМА предложены режим и схема (рис.1.26) горных работ на отвалах, исключающие применение специального оборудования и позволяющие совмещать работы по формированию откосов, промежуточных брем и поверхности отвалов с работами по рекультивации и возвращать сельскому и лесному хозяйствам подготовленные площади в минимально короткие сроки (Б.А.Симкин и др).

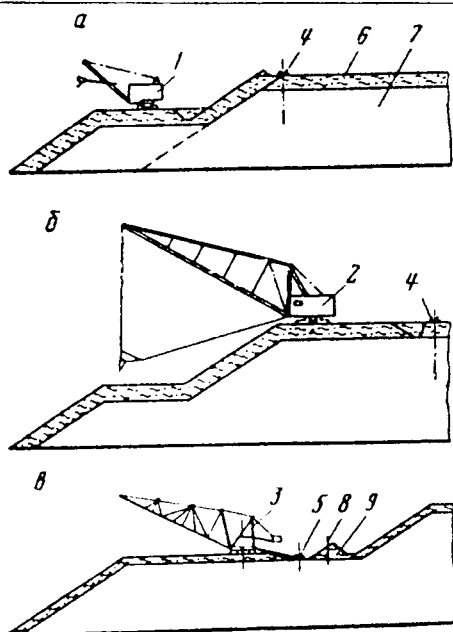


Рис. 1.26 Схемы формирования конечных откосов отвалов с одновременным террасированием и укладкой на поверхности слоя суглинка мощностью до 2 м:

а - механической лопатой; *б* - драглайном; *в* - консольным отвалообразователем; 1 - механическая лопата; 2 - драглайн; 3 - отвалообразователь; 4 - ось пути; 5 - конвейер; 6 - слой суглинка; 7 - основные породы вскрыши; 8 - ось первой заходки; 9 - навал суглинков для заполнения участка под конвейером

Примером успешного проведения рекультивационных мероприятий служат объекты Орджоникидзевского ГОКа (Никопольский марганцевый бассейн), где рациональной признана рекультивация земель для сельскохозяйственного использования. Применительно к горнотехническим условиям восстанавливаемых объектов - отвалов, основными технологическими процессами являются: планировка поверхности отвала после производства горных работ; устройство подъездных дорог; покрытие спланированной поверхности отвала слоем суглинков с последующим разравниванием; покрытие суглинков слоем чернозема и разравнивание его на по-

верхности; террасирование (выполаживание) бортов и откосов отвала; устройство дренажной сети; мелиоративная и агрохимическая подготовка рекультивируемых земель; биологическая рекультивация земель.

Рекультивация земель при внутреннем отвалообразовании производится одновременно с горными работами в карьере.

Устоявшуюся и спланированную поверхность внутренних отвалов покрывают слоем потенциально-плодородных пород - суглинков мощностью 1,5 м, и затем - слоем чернозема мощностью 0,5 м.

Нормирование площадей карьеров выполняют для установления рациональных параметров площадей земельных массивов горного отвода карьера при применении различных систем разработки и горнотранспортного оборудования.

По имеющимся сведениям (А.Ю.Дриженко) в пределах г. Донецка за всю историю угледобычи в 127 конусных отвалах накопилось около 200 млн.т породы, занимающей с учетом защитных зон площадь 1600 га. Ежегодно здесь выдается на поверхность и складировается около 9 млн.т породы. С целью упорядочения отвального хозяйства УкрНИИпроект обосновал ликвидацию отвалов шахт, расположенных в городе, рекомендовал создание одного мощного центрального породного отвала в балке «Хан-Тарама», в 50 км к югу от города, с доставкой на него породы железнодорожным транспортом. В настоящее время отвалы в черте города потушены, ведутся работы по понижению высоты отсыпанных и пересформированию действующих отвалов.

Для существующих терриконов можно выделить три способа рекультивации:

- разборка и вывоз пород для засыпки карьеров, зон обрушения, оврагов и других неиспользуемых территорий с покрытием как освобожденных, так и засыпанных земель плодородным слоем;
- разборка и вывоз пород для строительства шоссейных дорог, производства строительных материалов, удобрений и дальнейшего использования территории;
- использование терриконов на местах их размещения под застройку, создание зон отдыха и спортивных сооружений, озеленение и лесопосадки. В этих случаях производят выполаживание и срез верхушки террикона. При устройстве террас затраты на рекультивацию увеличиваются в несколько раз и

требуется дополнительная площадь для размещения срезанных пород. Площадки террас формируют с обратным уклоном, предотвращающим водную эрозию.

На территории угольных бассейнов проводятся работы по тушению, понижению высоты и разборке конусных отвалов, в большинстве случаев горящих. Основными мероприятиями, предшествующими горными работами, являются тушение горящих пород и срезка вершины отвала. Как правило, эти операции выполняются гидромониторами. Последующая разработка отвалов с пониженной вершиной производится бульдозерами и экскаваторами. Схемы размещения оборудования и организация работы аналогичны условиям, присущим открытой разработке полезных ископаемых. Как отмечает А.Ю. Дриженко, понижение высоты отвалов и террасирование их склонов приводит к увеличению площади основания и дополнительному земельному отводу. Выполненный им анализ показал, что при пересформировании конусных и гребневидных отвалов с минимальным уроном для окружающей территории необходимо только понижать высоту их вершины на величину не более (0,4-0,5) Н₀. Наиболее эффективной для восстановительных работ оказывается полная разборка отвала с вывозкой породы за пределы сельскохозяйственных угодий.

Пересформирование отвалов угольных шахт выполняют с учетом требований, определенных опытом восстановительных работ. Так, вывозку породы при разборке отвалов производят, как правило, в ближайшие зоны обрушения, связанные с производством горных работ, а также на земельные участки, непригодные для сельскохозяйственного использования. Отвалы разбирают слоями в нисходящем порядке, разборка непосредственно с подошвы не допускается. Освобожденные из-под отвалов земли не могут непосредственно использоваться для посева сельскохозяйственных культур из-за насыщения их токсичными минеральными веществами. Поэтому для биологического восстановления почвенного покрова основания отвала требуется специальная агрохимическая обработка, например, известкование, гипсование и др.

Отвалы шахт по добыче железных и марганцевых руд содержат нетоксичные породы и при высоте до 20 м через 10-15 лет покрываются естественной растительностью. Высокие же отвалы, сложенные из обломков кристаллических пород крупностью до 0,4-0,6 м, самозарастанию не поддаются, особенно в нижней части, где сосредоточены крупные фракции. Породы, содержащиеся в отвалах рудных шахт, целесообразно использовать для восстановления нарушенных земель, особенно на стадии завершения разработки.

Предложенный в МГГУ способ горнотехнической рекультивации разработан с целью сокращения сроков рекультивации, повышения землеемкости конических отвалов в ходе их переформирования в плоские, уменьшения земельных площадей, отчуждаемых для размещения отвальных пород, снижения объемов планировочных работ на территории отвалов перед рекультивацией, сокращения затрат на работы по переформированию отвалов. Способ осуществляют путем последовательного выполнения следующих операций: отсыпают дамбы обвалования, которые вместе с хребтовидными или конусными отвалами образуют карту намыва с секциями, создают в последней по ходу движения пульпы секции колодец для отвода осветленной воды, монтируют магистральный и рабочий пульповоды, осуществляют намыв пульпы в секции карты.

В отличие от известных, этот способ позволяет удлинить путь фильтрации воды за счет зигзагообразного движения пульпы, обеспечить равномерное фракционирование намываемого материала в пределах секций, исключить формирование в намывной толще линз материала с пониженными значениями механических свойств, производить складирование материала неоднородного по гранулярному составу за более короткий срок, и с меньшими затратами труда и средств получить готовую к биологической рекультивации поверхность. Предложение использовано на АО «Вяземский ГОК» при рекультивации хребтовидных отвалов. Помимо горного дела, способ может быть также использован в строительной практике при формировании искусственных оснований промышленных и гражданских сооружений или благоустройстве территории инженерного освоения.

Выбор направления рекультивации и методов восстановления плодородия нарушенных земель осуществляют с учетом параметров состава и свойств вскрышных пород и степени их изменения под влиянием выветривания.

Изучение химических и физических свойств вскрышных и вмещающих пород с целью установления их пригодности к биологическому освоению давно проводятся зарубежными учеными. В России подобные исследования впервые выполнены сотрудниками Центральной лаборатории охраны природы Министерства сельского хозяйства на угольных карьерах Подмосковского бассейна (Чехлина В.Н., Савич Л.И.). К настоящему времени агрохимические и агрофизические свойства пород определены для ряда других бассейнов и месторождений России (Бекаревич Н.Е., Попов В.М., Горбунов Н.И., Масюк Н.Т. и др.). Результатом многочисленных исследований явилась обобщенная схема классификации пород (Моторина Л.В. и

др.), использованная в дальнейшем при разработке стандарта на этот вид использования геологической среды (ГОСТ 17.5.1.03-78. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель). Согласно этой градации породы, в зависимости от степени их пригодности для биологической рекультивации разделяют на три основные группы: пригодные, малопригодные и непригодные.

Группа пригодных пород состоит из плодородного слоя почвы и подгруппы потенциально-плодородных пород, в которую включены рыхлые горные породы, благоприятные для произрастания на них растений по комплексу физических свойств и химическому составу.

Группа малопригодных пород представлена тремя, а группа непригодных пород - двумя подгруппами. В подгруппах выделяют породы, неблагоприятные для произрастания растений по физическому состоянию (пески, гравий, галечник, глины, алевролиты, песчаники) и химическим свойствам (кислые, солонцеватые, среднесолоненные породы).

Потенциально плодородными признаются горные породы, отвечающие согласно ГОСТ 17.5.1.03-78 следующим величинам показателей химического и гранулярного состава: $\text{pH}=5,5-8,4$; сумма токсичных солей во второй вытяжке - до 0,4%; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в солянокислой вытяжке - до 10%; CaCO_3 - до 30%; алюминий неподвижный - до 3 мг/100г; Na - до 5% от способности поглощения; гумус - менее 1% для лесной и полупустынной и 2% - для степной и лесостепной зон; сумма фракций менее 0,01 мм - 10-75%.

Такие породы можно использовать для биологической рекультивации под сенокосы и пастбища со специальными агротехническими мероприятиями, в качестве основы для зарастания бортов отработанных карьеров, склонов отвалов и хвостохранилищ травами, кустарником, лесом.

Опыт восстановления нарушенных земель свидетельствует о положительных качествах лессовидных суглинков в чистом виде; в смеси с глинами или песком они могут служить хорошей основой для произрастания до 30 видов растений.

На разрезах Кузбасса в качестве потенциально плодородного слоя используют суглинки вскрыши.

Целесообразность использования вскрышных пород в качестве плодородного слоя подтверждена опытом американских, венгерских и отечественных ученых. На ряде разрезов штата Западная Вирджиния подобранные вскрышные породы используют вместо загрязненного почвенного слоя.

Разработка открытым способом большей части минерального сырья в России производится, преимущественно, в продуктивном умеренном природно-сельскохозяйственном поясе, что определяет характер требований предприятий сельского хозяйства и горнодобывающих отраслей к земле, общему объекту воздействия.

Известно, что на интенсивность почвообразовательного процесса, помимо зонально-климатических условий, особенностей рельефа и состава пород отвалов оказывают влияние подбор сельскохозяйственных культур, травосмесей и агротехника их возделывания. Темпы изменения свойств пород под культурами многолетних и однолетних сеяных трав значительно выше, чем при естественном зарастании отвалов. Сравнение скорости накопления общего углерода, гумуса, общего азота в формирующихся почвах отвалов при их естественном залегании, и при рекультивации свидетельствует (табл. I.18) о высоких темпах почвообразования в процессе рекультивации (Моторина Л.В.).

Многочисленными исследованиями (Бондарь Г.А., Масюк Н.Т., Моторина Л.В. и др.) выявлено замедление темпов естественного формирования растительного покрова на отвалах, что объясняется обедненностью горных пород питательными веществами, неблагоприятными водно-физическими и химическими свойствами. Существенное влияние оказывает неоднородность мезо- и микрорельефа, резкие колебания температур на поверхности, неустойчивость водного режима. По наблюдениям Моториной Л.В. и Ижевской Т.И., замедленное формирование естественного растительного покрова, характерное для отвалов бурогоугольных карьеров, связано со значительной долей сульфидсодержащих пород в поверхностном слое и неблагоприятными условиями рельефа (грядкообразные и конусовидные отвалы высотой до 30 м) и водного режима; значительная часть (30-50%) отвалов полностью лишена растительного покрова. В то же время невысокие (5-10 м) отвалы железорудных карьеров, сложенные лессовидными суглинками и супесями, зарастают более интенсивно.

Составной частью восстановления природной среды, нарушенной горными разработками, является лесообразовательный процесс. Исследованиями Васильевой Н.П. и Лукьянец А.И. установлено, что самозарастание отвалов и формирование сомкнутых лесных сообществ определяется зонально-географическим расположением отвала; наличием источников осеменения; технологией разработки; параметрами и рельефом отвала; составом и свойствами вскрышных пород; зоогенными и антропогенными факторами. Видовой состав древесной растительности отвалов в различных природных зонах (Эстония, Кривой Рог, Урал, Кузбасс, Дальний Восток) ограничен и

представлен в основном сосной, слью, лиственницей, березой, осинной, ивой. Наблюдениями зафиксировано более активное лесообразование на неразровненных отвалах с бугристой поверхностью. Эта особенность используется в практике американских лесоводов, организующих при горнотехнической рекультивации подготовку волнистой поверхности отвала для искусственного облесения; по имеющимся данным, подобное мероприятие способствует повышению продуктивности лесов в 1,5-2 раза.

ТАБЛИЦА 1.18.

СКОРОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ОБЩЕГО УГЛЕРОДА, ГУМУСА И ОБЩЕГО АЗОТА В СЛОЕ ФОРМИРУЮЩИХСЯ ПОЧВ ОТВАЛОВ, Т/ГА/ГОД

Условия	Объект исследований	Углерод	Гумус	Общий азот
Естественное зарастание	Разровненные песчаные отвалы многолетние травы, 14 лет	0,41	0,71	0,03
	Неразровненные суглинистые отвалы склоны, 25 лет, лес	0,78	1,34	0,11
	ложбины, 25 лет, лес	0,45	0,77	0,08
	вершины и склоны, 25 лет, многолетние травы	1,08	1,87	0,14
	вершины и склоны, 9 лет, многолетние травы	0,69	1,18	0,16
Рекультивация	Песчаные отвалы без нанесения почвенного слоя культура сосны, 3 года	1,56	2,69	0,13
	многолетняя травосмесь, 14 лет	0,81	1,39	0,06
	культура сосны, 14 лет	0,38	0,66	0,03
	С нанесением экрана из суглинка с черноземом, сельскохозяйственные культуры, 2 года	5,20	8,96	0,70
	С сульфидсодержащими породами, известкование на 40 см, вико-овсяная смесь, 3 года	5,26	9,18	0,45

Наиболее благоприятные условия формируются на отвалах с преобладанием суглинистых пород. В Подмосковном бассейне это внутренние и внешние отвалы разработок железной руды и глины, внешние отвалы бурогоугольных разработок и карьеров по добыче известняка. Внутренние отвалы бурогоугольных разработок, сложенные

преимущественно песчаными смесями горных пород, на которых естественное лесовозобновление протекает неудовлетворительно, разравнивают и используют под искусственное лесоразведение.

Отвалы Подмосковского буроугольного и Челябинского бассейна, сложенные сульфидосодержащими породами не зарастают в течение десятилетий. Отсутствует растительность на токсичных солеотвалах в Белоруссии, затруднено естественное облесение терриконов шахт, золо- и шламоотвалов на предприятиях Урала, Казахстана, Донбасса, Эстонии. В таких случаях используют различные способы искусственного озеленения.

Для информативной оценки пространственного распределения относительно однородных в таксационном отношении древостоев, с учетом флористического состава травянистого яруса и характеристик условий мест произрастания, на фоне ландшафтной карты разработана классификационная система показателей, характеризующих местообитания и древостой (Васильева Н.В.). В качестве критериев системы приняты: рельеф отвала и литологический тип слагающих его пород; степень влажности мест обитаний растительности; местонахождение на отвале; видовой состав древостоя; высота, возраст древостоя и сомкнутость в пределах отвала; степень заполнения участка лесом; количество древостоя на 100 м². Выполненная по такой системе инвентаризация лесов может, как показали исследования А.И. Лукьянца составить основу для биоресклевационного районирования областей и регионов.

Применяемые на горных предприятиях транспортные средства и вспомогательное оборудование обычно используют при восстановительных работах. Из специальных машин для обработки восстанавливаемых земель, особенно откосов отвалов и хвостохранилищ, представляют интерес гидросеялки. Гидропосев предусматривает механизированное нанесение на восстанавливаемую поверхность смеси семян многолетних трав, минеральных и органических удобрений, связующих материалов (торф, чернозем и др.) и воды.

По имеющимся данным, для восстановления почвенного покрова на разрыхленных скальных породах высотой до 25 м достаточно нанести слой почвенной массы с помощью гидропосева мощностью от 3 до 15 см. Более мощное покрытие интенсивно размывается при снеготаянии и от атмосферных осадков. По данным института ВНИИнеруд, гидропосев на откосах уступа карьера «Яблоневый овраг» высотой 10-12 м способствовал нанесению и удержанию на них почвы слоем около 5 см с травяным покровом, высота которого через месяц достигла 10-15 см. Отмечена также высокая устойчивость плодородной смеси против водной и ветровой эрозии.

Нанесение почвенной массы в сухом или влажном виде на склоны отвалов и карьеров может производиться также специальными метателями и грунтометами. Известны предложения по созданию ленточных и роторных метателей.

В пределах нарушенных площадей карьеров и шахт Никопольского бассейна находилось много отвалов, различных по времени отсыпки, геологическому возрасту пород, их минералогическому составу и физико-химическим свойствам, что позволило при постановке соответствующих исследований проследить стадии восстановления растительного покрова: от пионерной группировки до сформированного фитоценоза.

Изучение естественного зарастания сопровождалось анализом флористического состава, структуры и эколого-биологических особенностей формируемых фитоценозов во взаимосвязи с условиями среды и дало основание подобрать ассортимент растений, пригодных для возделывания на тех или иных горных породах, выявить экологические факторы, ограничивающие вегетацию растений, определить возможности индикации среды через растительность, установить степень пригодности отдельных пород по отношению к различным видам и экологобиологическим группам растений.

При обследовании заросших отвалов марганцевых карьеров выявлены в составе сформированных здесь травостоев 187 видов растений, в числе которых каждое третье растение представляет кормовую, лекарственную, декоративную, медоносную, противозерозионную или промышленную ценность.

Из кормовых растений отмечены следующие виды: донники белый и желтый (лекарственный), лядвенец рогатый, вязель пестрый, чина клубненосная, пырей ползучий, мятлики узколистый и сплюснутый, овсяница бороздчатая и некоторые другие. Эти виды растений, особенно бобовые травы, были использованы в дальнейших исследованиях как пионерные культуры при сельскохозяйственном освоении пород неогенового и четвертичного возрастов.

В результате исследований был установлен ассортимент растений, пригодных для борьбы с эрозией путем залужения откосов.

Выявленные в составе естественных травостоев группы растений могут применяться для закрепления откосов внешних и внутренних отвалов карьеров, выложенных склонов террас, озеленения терриконов шахт, задернения полотен железных и шоссейных дорог, декоративного оформления объектов промышленного назначения и консервации шламоотстойников.

При проектировании рекультивационных участков для возделывания на них полевых культур целесообразно создавать незначительные уклоны поверхности от 0 до 1,5°. В случае посадки лесных насаждений уклон поверхности можно увеличивать до 4-5°. Повышение требований к устройству более ровной поверхности рекультивированных участков вызвано тем, что они часто сложены легко размыаемыми рыхлыми насыпными почвами и породами. Выровненная поверхность уменьшает водную и ветровую эрозию и позволяет использовать технику при возделывании сельскохозяйственных культур, лесных и плодовых насаждений.

Для закрепления пылящих поверхностей помимо биологического метода, в ряде случаев используют гидротехнические и механические методы, а также стабилизацию поверхностей вяжущими веществами. Как показали исследования на отвалах пород ПО «Экибастузуголь», эффективным составом вяжущего вещества следует считать эмульсии на основе смолы. Состав наносится поливальной машиной и образующаяся корка толщиной 2-3 см обладает эластичностью с достаточной механической прочностью. Унос частиц с закрепленной поверхности не наблюдался при скорости воздушного потока до 15 м/с.

Основным способом рекультивации бортов внешних и внутренних отвалов является террасирование, при котором значительно сокращается объем планировочных работ, а вновь формируемый ландшафт принимает живописный и привлекательный вид. В этом случае уклон поверхности откосов можно увеличить до 15-18°.

Если высота отвалов превышает 10-15 м, направление основного уклона поверхности рекультивированного участка должно быть обратным, т.е. в сторону внутренних отвалов. Эта рекомендация является профилактическим противозрозионным примером, исключающим возникновение водной эрозии на высоких бортах, особенно, внешних отвалов.

Установлено, что при рекультивации марганцевых карьеров следует стремиться к следующему использованию восстановленных земель, %: пашня - 65-80, лесные насаждения - 10-20; луга и водоемы - 5-10, террасы - 3-10.

К настоящему времени получил признание ландшафтно-экологический принцип подхода к рекультивации земель, который включает не только меры по восстановлению продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных территорий, но и является средством превращения нарушенных и подвергающихся воздействию

земель в более продуктивные и рационально организованные, чем до нарушения, хорошо экологически сбалансированные ландшафтные участки. Поэтому термин «рекультивация земель» нередко заменяют термином «рекультивация ландшафтов», что предполагает оптимальное сочетание различных направлений рекультивации с целью рационального планирования и организации территории (Моторина Л.В. и др.). Подобный подход объясняет появление новых научных направлений, находящихся на стыке экологических и технических проблем, например, «горная экология» применительно к практике горного дела (М.Е.Певзнер).

Техногенный ландшафт горного предприятия должен обеспечивать минимальное экологическое влияние на природные системы окружающих территорий как после завершения горных работ, так и на этапах их осуществления. Техногенная ландшафтная структура состоит из следующих компонент: техногенного рельефа; техногенной геологической структуры, климата и атмосферы, биосферы (В.И.Супрун и др.).

Вопросам классификации территорий, нарушенных промышленностью, уделялось достаточно большое внимание исследователями различных стран (анализ этих исследований дан в работах Л.В.Моториной, В.А.Овчинникова и др.).

На основе имеющегося опыта и многолетних исследований многообразных форм природно-техногенных комплексов на базе Подмосковного угольного и других горнопромышленных районов страны Л.В.Моториной и Т.И.Ижевской предложена типологическая классификация природно-техногенных ландшафтов с учетом направлений их рекультивации. Наиболее подробно рассмотрен карьерно-отвалный вид ландшафта с детализацией от типа местности до типа урочищ, т.е. на морфологические части, принятые большинством ландшафтоведов по отношению к природным ландшафтам.

«Ландшафтное конструирование» средствами гидромеханизации включает операции по выполаживанию откосов, дренажу, озеленению и облагораживанию пейзажа.

Заслуживает внимания опыт проведения рекультивационных работ в Германии, горная промышленность которой является одной из ведущих отраслей хозяйствования.

В Лаузитцком бурогольном бассейне с прошлого века по настоящее время использовано под горные отвалы (по данным В.Фёрстера) 1300 км² земельных площадей (в том числе после 1951 г. 1050 км²), из которых возвращено для последующего использования, прсимушественно в лесном хозяйстве лишь 45%. В 1950-1965 г.г доля

восстановленных территорий от общей площади использованных земель не превышала 40 %. За период 1966-1980 г.г. восстановлено для последующего использования около 90 % изъятых под горные работы площадей. После 1980 г. доля восстанавливаемых площадей снизилась до 60 % в связи с наращиванием производственной мощности карьеров.

Ранес, обязанностью горных предприятий бывш. ГДР являлось выполнение горнотехнической рекультивации как первой стадии работ по последующему использованию нарушенной территории. К работам первой стадии относятся планировка поверхности, мелiorация оснований, регулирование поверхностного стока и строительство дорог. Там, где не имеется качественного плодородного слоя, верхний слой создается из смешанных плейстоценовых песков и палеоген-неогеновых отложений. Такая породная смесь обладает кислой реакцией и высокой сорбционной способностью. Нейтрализацию осуществляют известкованием или внесением карбонатизированных золошлаков ТЭЦ.

В обязанности пользователей земельных площадей входит рекультивация с обработкой почвы и внесением удобрений, обогащение гумусом и посадка растений.

В последние годы отвальные площади рассматриваются с позиций размещения на них свалок, что требует соответствующего экологического и социологического обоснования. Большое значение приобретает оценка экранирующего эффекта естественных и отвальных грунтов и осадок с учетом дополнительных уплотняющих нагрузок.

В Лаузитце водопроницаемость грунтов в большинстве случаев недостаточна для обеспечения надежного экранирующего эффекта. Благодаря уплотнению и добавкам тонкодисперсных материалов создается экранирующий слой толщиной до 3 м, для которого обеспечивается необходимое значение коэффициента фильтрации $K=10^{-7}$ м/сут.

Выемки карьеров частично используются: так, в выработанных карьерах созданы красивые озера Кнаппензее и Зенфтенбергзее, которые служат центрами отдыха. Для новых водоемов требуется обеспечивать устойчивость береговых участков, приуроченных к отвальным бровкам, что связано с опасностью деформирования песчаных откосов, проявляющейся в виде комбинации просадки и оплывания.

Установлено, что вероятность оплывания песков минимальна при коэффициенте неоднородности меньше 3 и относительной плот-

ности пород в массиве меньше 0,6. Кроме того, очевидна также роль структурно-текстурных особенностей песков. В процессе оплывания нарушаются контакты между минеральными зернами, а внешняя нагрузка воспринимается преимущественно поровой водой, что влечет за собой повышение порового давления и, соответственно, снижение сил трения.

В среднегерманском буроугольном бассейне размер площадей, занятых горными объектами составляет 270 км^2 , из них 140 км^2 , то есть более 50% переданы для других целей (Х.-Ю.Шеф).

Неудовлетворительное состояние окружающей среды под влиянием горных выработок отчасти объясняет отрицательное восприятие населением горного дела. Поэтому разработка эффективных технологических решений при проведении горных работ, обеспечивающих минимальное воздействие на все компоненты окружающей среды в сочетании с обоснованной концепцией восстановления нарушенных территорий создадут, что крайне важно, благоприятную социально-психологическую обстановку в обществе.

Следует иметь в виду, что прекращение горных работ и восстановления территории при помощи специальных работ не всегда целесообразно и требует обоснования. Выполненный К.Д. Билькенротом и В.Якобом анализ вариантов восстановления земель в районе южнее г.Лейпциг показал, что преимущество варианта продолжения ведения горных работ и связанных с ними восстановительных работ оценивается, по сравнению с вариантом мгновенного прекращения ведения горных работ в размере более одного миллиарда марок.

Приведем примеры оригинальных технических решений, используемых при рекультивации отвалов калийных рудников в Германии.

К числу технологических мероприятий по предотвращению проникновения атмосферных, поверхностных и грунтовых вод в солеотходы, следует отнести уплотнение или перекрытие поверхности отвалов. Снижению обводненности складированных отходов способствует применение дренажных устройств, например, сооружение системы колодцев с водоотводными траншеями в пределах основания отвала.

Разработка новых решений проводится по двум направлениям: обеспечение частичного перекрытия поверхности солеотвалов; возведение сплошного перекрытия поверхности отвала и участков основания.

* Материал предоставлен д-ром Х.-Ю.Шефом.

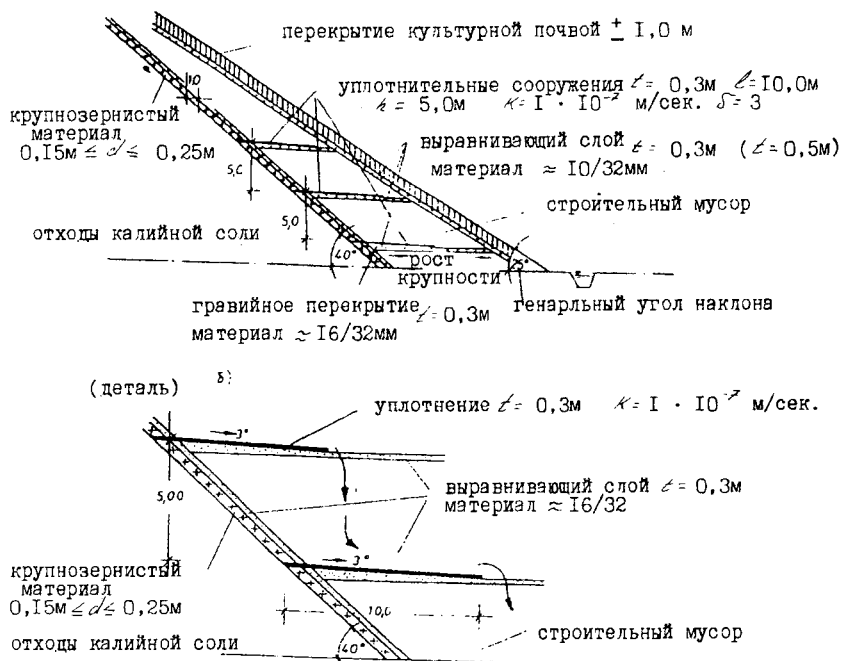


Рис. I.27 Рекомендуемая схема размещения строительного мусора для дополнительного сокращения притока воды

С позиций экологической безопасности и экономической эффективности наиболее целесообразной конструкцией, обеспечивающей снижение интенсивности процессов выщелачивания является возведение перекрытия поверхности отвала и присыпка строительного мусора и земляных масс к поверхности откоса. При этом следует руководствоваться следующими принципами:

- укладываемый материал не должен быть загрязнен вредными веществами, при этом смешение с солеотходами допустимо;
- отгрузка шламов и жидкостей не разрешается; исключения составляют соляные шламы основного производства (обогащения), выщелоченные шламы, компостированные массы, шламы из коммунальных водоочистительных установок, используемые в качестве удобрений;
- размещение бытового мусора или отходов специализированных производств не допускается;
- для предотвращения притока просачивающихся вод целесообразно использовать сетевидную конструкцию уплотнительных сооружений ($K_{\phi}=1 \cdot 10^{-7}$ м/с) (см. рис. 1.28).

Другой тип конструкции перекрытия солеотвала предусматривает нанесение выравнивающего слоя, укладку уплотняющего полотна, с последующим анкерным закреплением его на откосе, сваривание уплотняющих полотен и набрызгивание изолирующего вещества.

Перекрытие выщелачиваемых отходов грунтом на крутых откосах возможно на основе инженерного решения, предусматривающего создание решетчатой подпорной стенки сборного железобетона (рис. 1.27). Этот вариант характеризуется сочетанием подпорной конструкции на откосе и процессами уплотнения отвального массива. Нанесение перекрытия (плодородного слоя) предполагает уменьшение угла наклона откоса до 25° . Каптаж поверхностных вод в пределах откоса снижает эрозию его поверхности и повышает устойчивость откосного сооружения.

Первоочередной задачей в будущем станет проверка способов геофизической разведки для выявления мест и размеров образования трещин и каверн на отвалах отходов переработанной калийной соли.

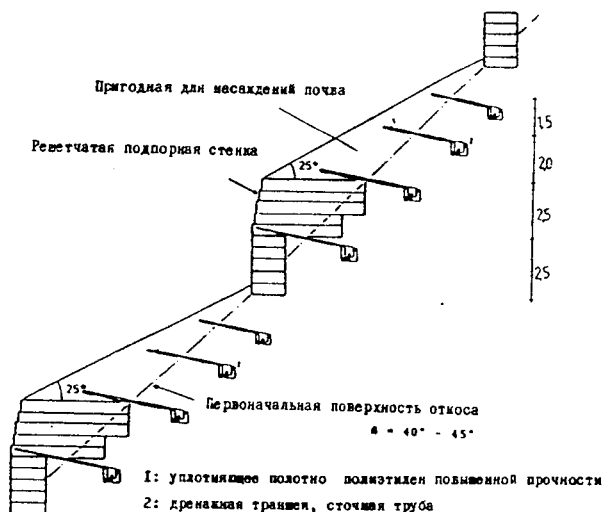


Рис. 1.28 Схема поверхностного перекрытия крутого откоса отвала:

1 - уплотняющее полотно, полиэтилен повышенной плотности; 2 - дренажная траншея, сточная труба

6. Применение горных технологий при складировании отходов городского хозяйства

Свалки бытовых и промышленных отходов являются мощными источниками загрязнения окружающей среды. Лишь в Москве ежегодно вырабатывается свыше 2,5 млн. т твердых бытовых отходов (ТБО), из которых сжигается и утилизируется не более 10%, а остальное вывозится на свалки, размещаемые в отработанных карьерах стройматериалов, понижениях рельефа или на «пустырях». В Московском регионе зарегистрировано более 200 крупных свалок.

Система канализации г. Москвы включает комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих отвод и биологическую очистку бытовых и промышленных сточных вод. Атмосферные осадки отводятся в г. Москве по самостоятельной системе трубопроводов.

Среднесуточные объемы сточных вод составляют около 6,3 млн. м³/сут, в т. ч.: бытовых сточных вод 4,6 млн. м³/сут, промышленных - 1,30 млн. м³/сут и условно-чистых 0,320 млн. м³/сут. В городе

созданы две крупнейшие системы водоотведения, транспортирующие стоки по двум основным направлениям - на Люберецкие и Курьяновские очистные сооружения. Город-спутник Зеленоград имеет самостоятельную систему канализации с Зеленоградской станцией аэрации.

О состоянии очистки сточных вод г.Москвы можно судить по данным муниципального предприятия «Мосводоканал».

Основные показатели качества биологической очистки - взвешенные вещества и БПК₅ - в среднем, по городам РФ, находятся на уровне 30-25 мг/л, по крупным городам Западной Европы и Америки 20-30 мг/л, т.е. значительно выше, чем на московских станциях (10-12 мг/л).

Необходимость высокой степени очистки определяется малой мощностью реки Москвы, принимающей сточные воды. Соотношение расхода воды в реке и сбрасываемых сточных вод в летний период составляет 1:1.

Очистка сточных вод включает следующие стадии: механическая очистка; биологическая очистка; доочистка; дезинфекция.

На станциях аэрации г.Москвы, входящих в систему «Мосводоканал», ежедневно образуется около 30 тыс.м³ осадков с объемной влажностью 97% (более 10 млн. м³ в год). Обработка осадка включает сбраживание в метантенках при термофильном режиме ($t=50-53^{\circ}$) и далее обезвоживание - механическое на вакуум-фильтрах и фильтр-прессах и в естественных условиях на иловых площадках.

Из-за отсутствия на промышленных предприятиях установок по обезвоживанию и сушке осадка, его сбрасывают в канализацию или в водосток и на сооружениях биологической очистки ежесуточно концентрируется 15 т тяжелых металлов в осадках станций аэрации, а 3,6 т/сут поступает в водоемы с очищенными сточными водами.

Серьезные затруднения с захоронением обезвоженного илового осадка (с объемной влажностью около 65%) вызваны острым дефицитом площадей для его размещения. Поэтому первоочередное значение приобретает решение задач повышения вместимости действующих хранилищ, увеличения плотности укладки осадка, предупреждения загрязнения подземных и поверхностных вод с помощью эффективных систем экранирования и дренажа техногенного массива, а также ускоренной рекультивации заполненных хранилищ.

С целью улучшения экологической обстановки Московского региона кафедрой геологии МГГУ совместно с рядом проектных и производственных организаций (объединение Курьяновских стан-

ций аэрации (КСА), транспортная компания «Люблино», институт «МосводоканалНИИпроект», проектная контора «Гидромехпроект») выполнялись проектно-исследовательские работы по складированию (захоронению) продуктов очистки сточных вод – илового осадка.

Работы МГГУ направлены на создание экологически безопасных технологий складирования отходов городского хозяйства с использованием опыта крупномасштабного складирования водонасыщенных техногенных грунтов гидроотвалов и хвостохранилищ, накопленного в горнотехнической практике.

Разработка и использование природоохранной технологии формирования техногенных массивов иловых осадков основаны на результатах специальных инженерно-геологических, гидрогеологических и геомеханических исследований, обеспечивающих получение информации о вещественном составе, водно-физических и механических свойствах складироваемого материала и пород геологических барьеров, а также характере взаимодействия элементов системы «техногенный массив – геологическая среда».

В 1994 г. выполнены лабораторные испытания илового осадка (после фильтр-прессов объединения КСА), включавшие определение гранулярного состава, показателей плотности и влажности, компрессионных свойств, сопротивления сдвигу, водопроницаемости. Аналогичный комплекс исследований проведен также на образцах глинистых пород естественных оснований и искусственных экранов для условий площадки «Видное» (Ленинский район Московской области) и отработанного карьера Подольского экспериментального цементного завода (ПЭЦЗ). С целью определения прочностных и деформационных характеристик техногенных отложений и грунтов геологических барьеров в массиве проводилось комбинированное зондирование.

Основной задачей гидрогеологических исследований является оценка возможности загрязнения подземных вод при миграции поровых вод илового осадка, решаемая на основе моделирования процессов массопереноса.

Геомеханические исследования включают расчеты:

- устойчивости откосных сооружений хранилищ с целью оптимизации их параметров;
- несущей способности техногенных массивов для обоснования рекультивационных мероприятий;
- уплотнения (консолидации) массива отходов, необходимые при обосновании рациональной формы техногенного рельефа.

Исследования МГГУ выполнялись применительно к условиям действующих и перспективных объектов «Мосводоканал» для решения следующих задач:

- разработка технологии складирования илового осадка в выработанном пространстве северо-западной части карьера ПЭЦЗ на общей площади около 2,5 га;
- корректировки рабочего проекта сооружений по захоронению осадка Курьяновских станций аэрации на площадке «Видное» (генеральный проектировщик - институт «МосводоканалНИИпроект»);
- разработка проектных решений по применению гидромеханизированных технологий при организации парковой зоны и депонированию илового осадка в восточной части Люблинских полей фильтрации (генеральный проектировщик - институт «МосводоканалНИИпроект»).

В условиях отработанного карьера ПЭЦЗ предложено применить мобильную канатно-скреперную установку, размещаемую на контуре хранилища и предназначенную для формирования техногенного массива, несущего фильтрующего слоя и защитного слоя суглинка без присутствия оборудования во внутренней зоне хранилища (рис. 1.29). Складирование осадка в выработанном пространстве карьера ПЭЦЗ предотвратит развитие оползня на западном и северном бортах карьера.

Результаты лабораторных испытаний глинистых грунтов и илового осадка использованы при выборе конструкции защитного экрана и дренажных мероприятий, позволяющих исключить проникновение в ложе фильтрата из илового осадка и осуществить его отвод в емкость за пределами хранилища.

Разработанная конструкция ограждающих дамб обеспечивает устойчивость откосных сооружений на всех этапах формирования хранилища. В ходе рекультивационных работ предложено создать слабовыпуклый техногенный рельеф, исключаящий размыв и заболачивание восстановленной территории. Данные экспериментов и расчеты использованы также при оценке возможного воздействия объекта на окружающую среду.

Площадка «Видное» представляет собой старые (около 30 лет) карты очистных сооружений г.Видное. Транспортной компанией «Люблино» выполнялись подготовительные работы к использованию этого объекта для приема илового осадка от фильтр-прессов

Курьяновской станции аэрации. На основании проведенного комплекса топоосъемочных и инженерно-геологических работ предложена технология экскаваторного (драглайном типа Э-5116Б с удлиненной стрелой) складирования илового осадка, включающая углубление ложа сооружения в коренных глинистых грунтах, создание дренажной системы, отсыпку ограждающих и разделительных дамб и разгрузочных площадок. Для обеспечения доступа рекультивационного оборудования во внутренние зоны заполненных карт предложено создать несущий фильтрующий слой, параметры которого и конечные отметки поверхности рекультивированного хранилища определены при помощи геомеханических расчетов.

Предложено два варианта техногенного рельефа (слабовыпуклый и выпуклый), включающего размыв и заболачивание территории хранилища (рис. 1.30).

В соответствии с постановлением правительства Москвы территория Люблинских полей фильтрации (ЛПФ) предназначена для жилищного строительства (развития микрорайона «Марьино») и создания парковой зоны с кольцевым каналом (сообщающимся с р. Москвой) и орнитологическим водоемом. Проектными проработками института «МосводоканалНИИпроект» предусматривается удаление илового осадка из карт ЛПФ, его обезвоживание на фильтр-прессовых установках и использование обезвоженного осадка для формирования холмистого рельефа в пределах парковой зоны. Удаление илового осадка в настоящее время осуществляется путем его отжима под действием пригрузки из привозного песка и последующей экскаваторной выемки с погрузкой в автосамосвалы. Применяемая на ЛПФ технология удаления илового осадка аналогична разработанной в НИИКМА технологии формирования внешних отвалов в режиме оползневых деформаций. Используемый в настоящее время способ илоудаления не обеспечивает полную очистку карт (что особенно важно с учетом последующего использования территории под жилищное строительство) и требует высоких затрат на эксплуатацию экскаваторно-автомобильных комплексов и доставку песка из отдаленных карьеров.

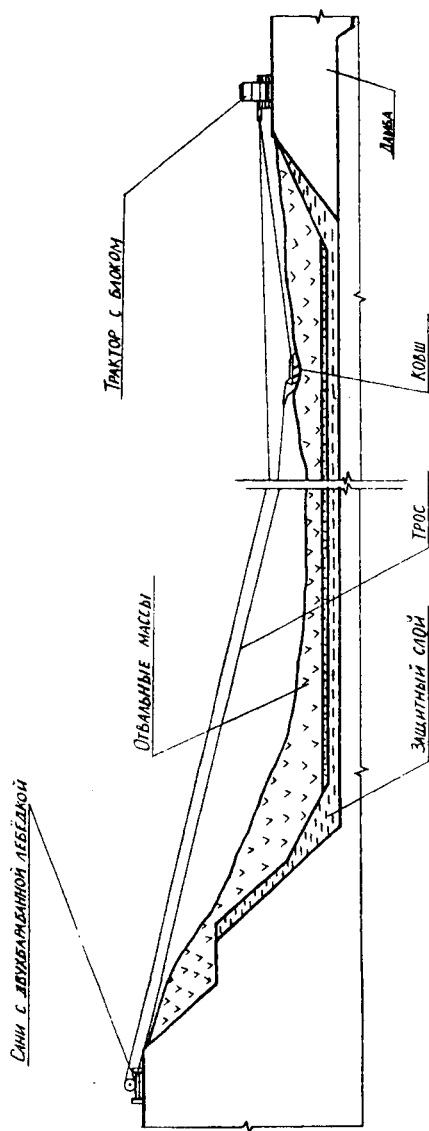


Рис. 1.29 Принципиальная схема складирования илового осадка

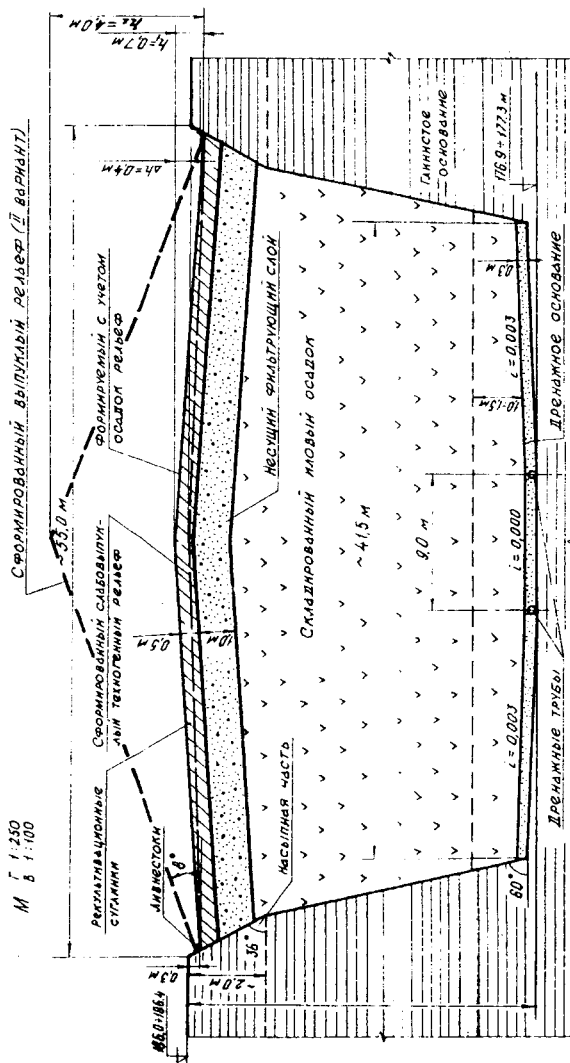


Рис. I.30 Поперечный разрез хранилища шлового осадка на момент формирования слабывпуклого техногенного рельефа (1 вариант) и выпуклого рельефа (2 вариант)

Для проектирования гидромеханизированной выемки, транспортировки и складирования илового осадка, а также строительства кольцевого канала требуется выполнить комплекс инженерно-геологических и гидрогеологических работ, направленных на оценку эффективности мероприятий по гидрозащите объекта, разрабатываемости естественных и техногенных грунтов, уплотняемости и несущей способности обезвоженного илового осадка при различных вариантах его переслаивания с фильтрующим материалом в процессе депонирования на территории парковой зоны.

Проблемы экологически безопасного складирования бытовых отходов и отходов горного производства имеют много общих черт. Как свидетельствует приведенный материал, опыт, накопленный в горно-технической практике при формировании и последующем восстановлении насыпных и намывных массивов, может быть полезным при строительстве городских свалок и проведении природоохранных мероприятий.

1. Общие сведения

В горнотехнической практике намывные массивы формируются преимущественно при складировании разрабатываемых гидравлическим способом вскрышных пород (гидроотвалы), гидравлической укладке отходов обогащения твердых полезных ископаемых (хвостохранилища) и золошлаков ТЭЦ (золоотвалы), а также в шламонакопителях специальных типов, предназначенных для длительного хранения различных отходов производства.

В состав гидроотвала входят ограждающие дамбы (первичного и последующего обвалования), внутренние зоны, пруд-отстойник, водозаборные и водосбросные устройства (канавы, колодцы, водоводы, ливнестоки), пульпопроводы.

В основу разделения гидроотвалов на классы ответственности положены признаки устойчивости дамб и безаварийности работы. Г.А.Нурок разделяет гидроотвалы на три класса ответственности с учетом: рельефа местности; инженерно—геологических характеристик складироваемых материалов и грунтов основания; наличия водохранилища при гидроотвале; положения гидроотвала относительно других промышленных и гражданских объектов; способа намыва; темпов намывных работ; конечной высоты гидроотвала; материала и способа возведения дамб обвалования (табл. 1.19).

В зависимости от годовой приемной способности (млн.м³) выделяют четыре категории гидроотвалов: I - более 5; II- 5-2; III- 2-1; IV - до 1. Класс капитальности постоянных и временных сооружений гидроотвалов принимается в зависимости от их категории.

Основные конструктивные элементы хвостохранилища такие же, как и у гидроотвалов. В связи с повышенной опасностью загрязнения окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ большое значение приобретает выполнение противофильтрационных мероприятий. Класс капитальности хвостохранилищ выбирается с учетом выхода хвостов, степени ответственности сооружений, высоты ограждающей дамбы, условий эксплуатации (табл. 1.20).

ТАБЛИЦА 1.19

РАЗДЕЛЕНИЕ ГИДРООТВАЛОВ НА КЛАССЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Характерный признак гидроотвала	Классы ответственности гидроотвала для групп А и Б					
	I - особо ответственные		II - ответственные		сооружения III класса ответственности	
	А	Б	А	Б	А	Б
Расположение по отношению к населенным пунктам и промышленным объектам	Вблизи населенных пунктов и промышленных объектов		При прорыве дамб возможно частичное повреждение промышленных объектов		Вдали от населенных пунктов и промышленных объектов	
Рельеф местности	На косогоре	На равнинной местности	На косогоре	На равнинной местности	На косогоре	На равнинной местности
Наличие водохранилища	Имеется	Отсутствует	Имеется	Отсутствует	Имеется	Отсутствует
Надежность пород основания	Недостаточно надежные	Надежные	Недостаточно надежные	Надежные	Недостаточно надежные	Надежные

Состояние намывных массивов как техногенных образований определяется физико-географическими, инженерно-геологическими, гидрогеологическими и технологическими факторами.

К физико-географическим факторам относятся рельеф территории и климатические условия (количество и характер осадков, температурный и ветровой режимы), а также гидрографическая и гидрогеологическая характеристика сети водотоков и водоемов бассейна намывного сооружения. С геоморфологических позиций выделяют следующие типы гидроотвалов и хвостохранилищ: овражно-балочный (с односторонним обвалованием); равнинный (со всесторонним обвалованием); косогорный (с трехсторонним обвалованием); котлованный (намывной массив формируется в выработанном пространстве карьеров или в естественных впадинах) (рис. 1.31).

ТАБЛИЦА 1.20

**РАЗДЕЛЕНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩ, ПЛАМОХРАНИЛИЩ НА КЛАССЫ
ОТВЕТСТВЕННОСТИ**

Класс капитальности	Вместимость хвостохранилища, млн м ³	Выход хвостов, тыс. т/сут	Высота ограждающей дамбы, м	Степень ответственности сооружений и последствия их разрушения
I	>100	>10	>50	Особо ответственные, авария которых сопряжена с катастрофическими последствиями для населенных пунктов и предприятий, а также отравлением, загрязнением водоемов и водотоков питьевого назначения
II	>100	>10	>50	Особо ответственные, авария которых не сопряжена с катастрофическими последствиями для населенных пунктов и предприятий. Вызывает затопление сельскохозяйственных угодий, отравление и загрязнение водоемов и водотоков, имеющих народнохозяйственное значение
III	100-10	10-5	50-20	Малоответственные, авария которых не может вызвать серьезных последствий для населенных пунктов и предприятий. Вызывает затопление местности, не имеющей народнохозяйственного значения
IV	<10	5-1	<20	Хвостохранилища в незастроенных местностях, авария вызывает затопление земель и загрязнение водоемов и водотоков, непригодных к использованию в данное время
V	<10	<1	<10	Временные сооружения, авария которых вызывает затопление земель и загрязнение водоемов, непригодных к использованию в данное время

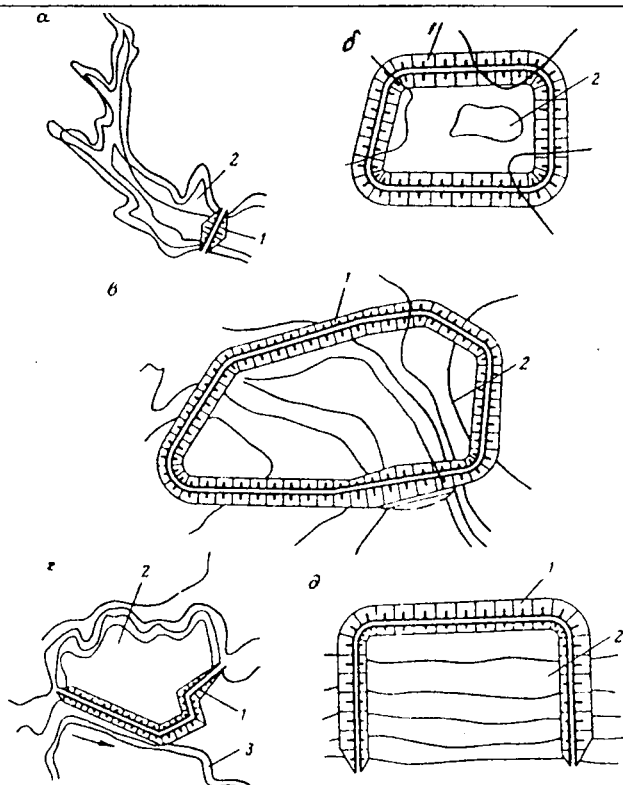


Рис. 1.31 Типы хвостохранилищ и гидроотвалов:

а - овражный; б - равнинный, в - овражно-равнинный; г - пойменный; д - косогорный; 1 - дамба; 2 - ложе хвостохранилища; 3 - река

Геоморфологическим типом определяются затраты на строительство, мощность намывной толщи и относительные размеры ее зон. Рельеф местности влияет на условия устойчивости откосных сооружений (наклон основания и характер поверхностного стока). Формирование намывных сооружений в естественных понижениях рельефа открывает возможности предотвращения эрозионных процессов и обеспечивает создание территорий горизонтальной планировки на месте малопригодных участков.

Влияние климатических условий проявляется в эрозионных процессах на откосах отвалов, соотношении между стоком и ис-

парением, продолжительности сезона намыва, интенсивности дефляционных процессов. Промерзание откосов дамб вызывает изменение положения депрессионной поверхности и, следовательно, коэффициента запаса устойчивости.

Влияние жаркого климата на состояние намывных массивов отмечено на хвостохранилищах золоторудной промышленности Южно-Африканской Республики. Согласно данным А. Пенмана на одном из горнорудных объектов намыв хвостохранилищ осуществлялся тонкими слоями в направлении от дамбы к прудку. Карты намыва ограждались дамбами обвалования, создаваемыми из отходов обогащения; средние значения физико-механических характеристик: плотность - $1,925 \text{ г/см}^3$, сцепление - 0 и угол внутреннего трения - 35° . Генеральные углы откосов дамб высотой до 60 м варьируют в значительных пределах: заложение откосов от 1:2 до 1:4 (угол откоса $26,5-14^\circ$). Хвосты состоят в основном из кварца и небольшого количества пирита (до 0,7 %)), при окислении которого образуется пленка, предотвращающая эрозию откосов. Возможность интенсивной подсушки хвостов приоткосной зоны в сочетании с эффективной работой дренажных устройств обеспечивает, как правило, надежную эксплуатацию хвостохранилищ. Препятствия движению гидросмеси по пляжу намыва создаются в результате деятельности дождевых потоков и ветрового воздействия, приводящих к образованию промоин и валов. При этом нарушаются условия раскладки частиц, и в пляжной зоне формируются линзы с низкой водопроницаемостью.

Инженерно-геологические факторы включают в себя геологическое строение основания и тела сооружения, вещественный состав, водно-физические, деформационные и прочностные характеристики грунтов. Наличие ослабленных (наклонных или горизонтальных) контактов в основании намывных массивов определяет зависимость устойчивости дамб от характеристик сопротивления сдвигу по контактам слоев и угла наклона основания. При изучении намывных толщ с целью их последующей инженерно-геологической схематизации выделяют хвостохранилища, внутренние зоны которых сложены раздельнообломочным, тонкодисперсным или смешанным материалом. В зависимости от состава намывных грунтов изменяются скорость водооборота, уплотняемость и несущая способность внутренних зон сооружений.

Существенное влияние на устойчивость дамб оказывает наличие в их основании сильносжимаемых грунтов. Прочность тонкодисперсных грунтов тела и оснований сооружений определяется степенью их уплотнения. В качестве индикатора напряженно-деформированного состояния глинистых водонасыщенных грунтов мо-

жет рассматриваться избыточное поровое давление. В период формирования намывных сооружений устойчивость дамб на слабых основаниях и уплотняемость техногенных толщ водонасыщенных тонкодисперсных грунтов будут определяться темпами роста нагрузок и условиями дренирования (см. Гл. 1.4).

Влияние *гидрогеологических факторов* рассматривается путем оценки обводненности основания (наличия водоносных горизонтов, условий их питания и разгрузки); действия сил гидростатического взвешивания и гидродинамического давления при движении фильтрационного потока в теле дамбы; потерь на фильтрацию в ложе и на испарение; эффективности дренажных устройств.

Движение воды из прудка-отстойника в сторону откосных сооружений, сложенных фильтрующим материалом, вызывает уменьшение нормальной составляющей веса блоков в пределах вероятной поверхности скольжения и соответственно удерживающих сил (напряжений). При этом происходит оплывание откосов за счет суффозионного выноса мелких частиц, а отсутствие мер по предотвращению фильтрационных деформаций вызывает оползание и разрушение дамбы с прорывом складированных грунтовых масс. В случаях, когда кривая скольжения захватывает слоистую тонкодисперсным материалом приоткосную (пляжную) зону, уменьшение удерживающих сил происходит также за счет возникновения избыточного порового давления в намывных грунтах. Размещение ограждающих дамб на обводненных основаниях, сложенных сильносжимаемыми грунтами, вызывает опасность возникновения оползней выдавливания. Наличие в основании дамбы напорного водоносного горизонта обуславливает уменьшение эффективных напряжений в водоупорном слое, отделяющем намывные массы от напорного пласта и возможность возникновения оползней выдавливания или контактных.

Гидростатическое взвешивание тонкодисперсных минеральных частиц во внутренних зонах сооружений способствует переходу в текучее состояние верхней части намывного массива и обуславливает большую продолжительность преобразования находящейся в состоянии суспензии пульпы (гидросмеси) в осадок. Наличие во внутренних зонах грунтов текучей и текучепластичной консистенций исключает на длительные сроки значительную часть (до 50-80%) территорий заполненных гидроотвалов и хвостохранилищ из сферы дальнейшего народнохозяйственного использования.

Технологические факторы, определяющие состояние намывных массивов, включают способы гидровскрышных работ или

переработки минерального сырья на обогатительных фабриках; способы возведения дамб и намыва (выпуска) пульпы во внутренние зоны сооружений; интенсивность намыва; динамические и статические нагрузки.

При разработке вскрышной толщи из нескольких литологических разностей формируется намывной массив, в котором чередуются слои, отличающиеся по вещественному составу, водно-физическим и механическим свойствам. Строение такого массива зависит от способа разработки (гидромониторно-землесосными установками или плавающими земснарядами) и порядка выемки различных пород (валовая или селективная выемка).

Гранулярный состав намываемого материала и темпы образования осадка из пульпы хвостов рудообогатительных фабрик зависят от применяемых технологических схем переработки руд. Так, например, после кислотного выщелачивания алюмосиликатных руд хвосты нейтрализуются известью (загипсовываются), и в прудке-отстойнике происходит быстрое осаждение взвесей и осветление воды. На одном из хвостохранилищ прорыв упорной призмы привел к выносу слагавший ее песок, а тонкодисперсный загипсованный материал прудковой зоны остался и образовал уступы до 10 м высотой. Влияние технологических схем переработки алюмосиликатных руд на свойства хвостов может быть проиллюстрировано данными табл. I.21. К суглинкам отнесена отсеянная фракция (0,1 мм) алюмосиликатной руды.

Состояние намывного массива зависит от способов формирования ограждающих дамб, предусматривающих возведение их на полную высоту и заблаговременное создание емкости для размещения гидросмеси или поэтапное наращивание из насыпных или намывных материалов. По первому способу производят сосредоточенный сброс гидросмеси из торца пульповода в предварительно созданную емкость (подводный намыв), при этом фракционирование частиц затруднено. Второй способ обеспечивает лучшие экономические показатели за счет сокращения затрат на возведение дамб и исключение суффозии откосов благодаря тому, что намывная упорная призма является обратным фильтром, а также сравнительно быстрой водоотдачи и уплотнения материала в пляжной зоне.

Характеристика применяемых способов намыва грунтов представлена в табл. I.22.

Характер отложения материала зависит от изменяющихся в процессе разработки вскрыши условий залегания пород в массиве или от исходного состава хвостов, перемещения фронта намыва, расхода

пульпы и консистенции гидросмеси (Т:Ж). При подаче пульпы в накопительную емкость происходит фракционирование намывных масс в плане. Удельный расход свыше $1 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и плотность пульпы более $1,1 \text{ г/см}^3$ способствуют концентрации грубых частиц около выпуска пульпы, где формируется приоткосная зона, преимущественно тонкопесчаные и пылеватые частицы слагают промежуточную зону и самые тонкие (глинистые и пылеватые) частицы откладываются в прудковой зоне хвостохранилищ (выделение пылеватых и глинистых частиц производится условно без учета минерального состава). Пониженные значения удельного расхода и плотности пульпы вызывают иногда явление обратного фракционирования. С ростом содержания глинистой фракции по направлению к пруду-отстойнику снижаются сдвиговые и фильтрационные характеристики намытого материала.

Влияние фракционирования на устойчивость намывных откосных сооружений возрастает с увеличением высоты хвостохранилищ. При высоте дамб свыше 30 м и углах откоса до $12-14^\circ$ наиболее опасная поверхность скольжения захватывает техногенный массив и его устойчивость в существенной степени определяется прочностными характеристиками намытого материала. Уменьшение размера частиц с удалением от фронта намыва соответственно приводит к снижению несущей способности внутренних зон, большая часть которых является недоступной для оборудования в болотоходном исполнении.

ТАБЛИЦА 1.21.

СВОЙСТВА ХВОСТОВ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ РУД

Хвосты	Схема выщелачивания	Время осаждения, ч	Плотность скелета, г/см^3	Набухание, доли ед.	Угол внутреннего трения φ	Сцепление С, МПа
Глинистые	Кислотная	41	1,37	0,05	$11^\circ 30'$	0,05
	Содовая	177	1,11	0,21	$4^\circ 15'$	0,012
Суглинистые	Кислотная	9	1,50	0	$26^\circ 36'$	0,025
	Содовая	81	1,47	0,05	$14^\circ 06'$	0,032

ТАБЛИЦА 1.22.

**ХАРАКТЕРИСТИКА УКЛАДКИ ГРУНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА
НАМЫВА**

Способ укладки грунтов	Размещение намывного пульповода	Способ выпуска пульпы из пульповода	Намыв, перемещение фронта работ
Низкоопорный	На опорах высотой 1,5 м	Рассредоточенный, одновременно из многих выпусков, отходящих от намывного пульповода	Односторонний параллельное веерное Двусторонний параллельное веерное смешанное
Эстакадный	На эстакадах высотой выше 1,5-2 м	Сосредоточенный - из торца пульповода	
Безэстакадный	На гидроотвале при непрерывной крановой переукладке намывного пульповода На дамбах без переукладки пульповодов, располагаемых в пределах яруса намыва		Кольцевой (производится больше чем по двум сторонам или по всему периметру гидроотвала) Параллельное

Устойчивость откосных сооружений, несущая способность внутренних зон, а также объем укладываемых в них материалов зависят от темпов намыва, изменяющихся от 1 до 10 м/год. Скорость роста намывного массива обычно достигает максимальных значений в начальный период формирования гидроотвалов и хвостохранилищ овражно-балочного типа и по мере увеличения их площади снижается. Отсутствие специальных мероприятий по форсированию консолидации толщ тонкодисперсных намывных материалов, одновременно с высокими темпами наращивания определяют низкие значения начальной степени уплотнения, сопротивления сдвигу и несущей способности грунтов техногенных массивов и их оснований, сложенных сильносжимаемыми грунтами.

Нарушения устойчивости откосов дамб гидроотвалов и хвостохранилищ в ряде случаев могут обуславливаться динамическими нагрузками, возникающими при землетрясениях или связаны с веде-

нием взрывных работ в непосредственной близости от намывных сооружений. Подобные нагрузки вызывают тиксотропное разжижение техногенных грунтов при изменении соотношения сдвигающих и удерживающих сил в пределах призмы возможного оползня. Оползневые деформации намывных массивов обычно связаны с технологией их формирования.

2. Направленное изменение состояния намывных массивов

Анализ теории и практики формирования намывных массивов позволяет сформулировать требования к созданию намывных горнотехнических сооружений многоцелевого назначения с достижением высокого природоохранного и экономического эффекта:

1) рациональное использование земель на основе объединения гидроотвалов и хвостохранилищ в общих контурах намывных сооружений;

2) геомеханическое обоснование мероприятий по форсированию консолидации и повышению несущей способности намывных массивов при совместной гидроукладке тонкодисперсных и радельнозернистых пород;

3) промышленное внедрение технологии формирования намывных массивов, обеспечивающей повышение вместимости и устойчивое восстановление территорий гидросооружений;

4) увеличение площадей, пригодных для сельского и лесного хозяйства, за счет использования намывных сооружений овражно-балочного типа, устраняющих последствия эрозионных процессов и возможность их дальнейшего развития;

5) разработка и внедрение мероприятий по охране водных ресурсов за счет эффективного водооборота при намывных работах, пылеподавление в пределах упорных призм и внутренних зон намывных сооружений.

Перспективным направлением повышения эффективности и безопасности возведения гидроотвалов и хвостохранилищ является управление состоянием намывных массивов, рассматриваемое как непрерывный процесс прогноза, контроля и целенаправленного изменения устойчивости откосных сооружений и интенсивности уплотнения (упрочнения) тонкодисперсных материалов внутренних зон.

Выделяют *технологические мероприятия* (например, регулирование режима отвалообразования) и *специальные*, включающие дренаж оснований и тела намывных сооружений, искусственное закрепление грунтов и др.

Методы целенаправленного воздействия на намывные массивы с учетом вида физических полей подразделяют на следующие группы: электромагнитные, электрохимические, термические, гравитационные.

Электромагнитные методы предусматривают интенсификацию процессов взаимодействия глинистых частиц, ионов и диполей воды поровых растворов водонасыщенных глинистых грунтов при приложении к ним магнитного поля. Действие магнитного поля сказывается на увеличении хаотичности движения глинистых частиц, что повышает вероятность столкновения и вызывает дополнительную их коагуляцию.

Сущность *электрохимических* методов заключается в воздействии на водонасыщенные глинистые грунты (супеси и суглинки) постоянного электрического поля, вызывающего в них явление электропереноса - направленного перемещения между разноименными полюсами частиц и молекул воды. Перемещение диполей воды в прикатодное пространство, необратимые изменения в составе и структуре грунтов обуславливают их последующее упрочнение. Область применения электрохимического способа укрепления - грунты с коэффициентом фильтрации $0,001 < K_f < 0,01$ м/сут, для которых содержание пылеватых частиц размером $0,005-0,05$ мм должно быть не ниже 20-25%, а содержание глинистых частиц размером $0,005$ мм - не менее 10%. Для укрепления массива используют неоднородное электрическое поле, силовые линии которого сгущаются к катоду. Это достигается в результате концентрического расположения анодов вокруг общего катода. Упрочняемый объем грунтов приобретает форму цилиндрической сваи, радиус которой равен расстоянию между разноименными электродами. В связи с его высокой энергоемкостью метод пригоден для упрочнения ограниченных (до нескольких десятков кубометров) объемов песчано-глинистых грунтов пляжных зон гидроотвалов.

Примером *термического* метода является подсушка намытых пород на картах. Тонкодисперсные грунты намывают под защитой упорных призм, отсыпаемых заранее из хорошо фильтрующего песчаного, гравелистого и гравелисто-галечникового грунта. На гидроотвале «Берзовый Лог» (КМА) для рекультивации на песчаную подушку намывали защитный слой суглинка мощностью до 1 м. Продолжительность периода, по истечении которого обеспечивается

проходимость рекультивационного оборудования на гусеничном ходу, составила 50-70 сут. Известны также способы одностороннего намыва сооружений распластанного профиля. При этом содержание глинистых и пылеватых частиц не должно превышать 30-40%. Использование естественной сушки для обезвоживания слоев намывного глинистого грунта малой мощности эффективно в районах с аридным климатом.

Гравитационные методы включают: сгущение пульпы для изменения соотношения размеров внутренних зон гидроотвалов; полойный намыв грунтов различной водопроницаемости в ядерной зоне; создание в различных зонах гидроотвалов из намывных и насыпных фильтрующих материалов системы гидравлически связанных дренажных элементов, уплотняющих тонкодисперсные грунты и отводящих отжимаемую из них воду. Методы этой группы являются наиболее эффективными с учетом реальных объемов гидравлической укладки тонкодисперсных грунтов (1-20 млн. м³ в год) и геометрических параметров гидроотвалов. Универсальность гравитационных методов обуславливается возможностью использования основного оборудования для намывных работ.

В качестве основных тенденций современной технологии возведения гидросооружений отметим следующее:

- направленное изменение состояния намывного массива и условий устойчивости дамб в основном осуществляется применением способа и порядка намыва, обеспечивающих повышение плотности укладки материала и необходимое удаление прудка от гребня дамбы;
- конструкция и способ возведения дамбы во многих случаях устанавливаются на основе данных инженерно-геологических изысканий, состав и объем которых недостаточны для прогноза деформаций и оценки устойчивости дамб;
- практически не контролируется состояние внутренних зон (50-80% общей площади), что препятствует наращиванию гидросооружений и возможности последующего использования территорий, а также корректировке технологии намывных работ для повышения их эффективности и безопасности.

Устойчивость дамб при повышении вместимости гидроотвалов и хвостохранилищ обеспечивается усилением откосных сооружений в сочетании с проведением дренажных мероприятий. Повышение высоты ограждающих дамб гидроотвалов тонкодисперсных и смешан-

ных грунтов влечет за собой формирование неконсолидированных толщ в приоткосных зонах. Поэтому возникает необходимость выполнения внешних откосов из-за создания берм и формирования пригрузки. Конструкция ограждающих дамб хвостохранилищ определяется в зависимости от условий устойчивости обводненного массива, материала откосных сооружений (водоупорного или водопроницаемого с противодиффузионными экранами), вида складуемых отходов (гранулярного состава и степени токсичности), а также (аналогично гидроотвалам) от механических свойств и геологического строения основания.

При формировании дамб гидроотвалов характер их взаимодействия с намывными массивами тонкодисперсных грунтов приобретает большое значение с позиций оценки условий уплотнения (упрочнения) грунтов приоткосных зон и разработки мер по ускорению этих процессов.

Рассмотрим примеры управления состоянием приоткосных зон гидроотвалов.

Выполнение откосов с целью снижения сдвигающих сил по вероятной поверхности скольжения производили на гидроотвале «Березовый Лог», где конечная высота северной упорной призмы составила 74 м. В качестве дренажных устройств применяли горизонтальные дрены (двухъярусный трубчатый дренаж) и (в ограниченном объеме) гравийно-щебнистые призмы. До использования мероприятий по выполнению и систематическому дренажу на внешнем откосе гидроотвала происходило оплывание песков, интенсивность которого зависела от темпов намыва. Внешний откос песчаной упорной призмы выполнялся путем создания бермы шириной до 100 м путем перемещения фронта намыва (рис. 1.32).

Для управления процессами уплотнения тонкодисперсных глинисто-меловых грунтов кварцевая пригрузка низового откоса была заменена намывной песчаной подушкой. Расчеты и натурные наблюдения на этапах формирования гидроотвала, соответствующих увеличению его высоты с 58 до 74 м, установили значительное повышение коэффициента запаса устойчивости откоса ($n > 1,4$) в результате выполнения перечисленных мероприятий.

Наличие глинисто-меловых линз мощностью до 6 м в теле песчаной упорной призмы гидроотвала позволило оценить эффективность послынного намыва и разработать новую конструкцию ограждающих дамб для гидроотвалов разрезов Кузбасса с использованием в качестве «натурной модели» объекта в бассейне КМА. Применительно к условиям гидроотвалов разрезов «Богатырский», «Краснобродский», «Кедровский», «Новосергеевский» концерна

«Кузбассразрезуголь» рассматривались следующие варианты формирования ограждающих дамб при гидравлическом складировании:

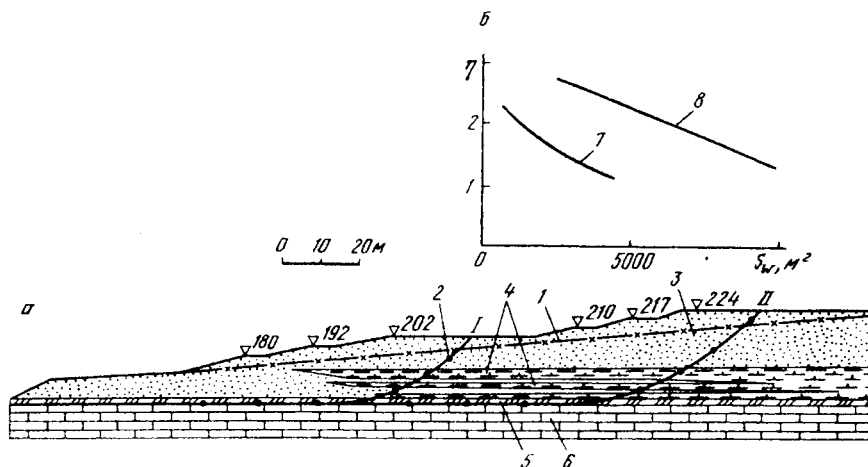


Рис. 1.32 Профиль северной упорной призмы гидроотвала «Березовый Лог» (а) и зависимости коэффициента запаса ее устойчивости η от площади эпюры давления воды S_w по вероятным кривым скольжения (б):

1 - депрессионная кривая; 2 - датчики-пьезодинамометры; 3 - намывной песок; 4 - глинисто-меловые линзы; 5 - суглинки основания; 6 - коренной мел; 7, 8 - зависимости для определения η соответственно по кривым I и II

- полускальных пород на естественном или намывном глинистом основании - с пригрузкой низового откоса ограждающей дамбы;
- глинистых грунтов - с пригрузкой низового откоса дамбы полускальными породами вскрыши и (или) созданием дренажных линз в пляжной зоне при соответствующем расположении дамб наращивания.

Повышению вместимости действующих гидроотвалов Кузбасса способствовала разработка МГГУ, предусматривающая расчленение

пляжной зоны по вертикали фильтрующими насыпными или намывными линзами и пригрузку низовых откосов фильтрующим материалом. Линзы разделяют глинистую толщу пляжной зоны на слои и ускоряют консолидацию намывного массива благодаря сокращению пути фильтрации поровой воды.

Насыпные дренажные линзы создавались на гидроотвале № 3 разреза «Ксдровский», где полная реализация этого мероприятия позволяет использовать территорию пляжной зоны для размещения сухого отвала с минимальной дальностью транспортирования вскрыши. Установлено, что для достижения нормативного коэффициента запаса устойчивости ($n = 1,3$) и обеспечения несущей способности ($P_{дон} = 0,15$ МПа) намывной массив мощностью до 50 м необходимо разделять по вертикали не менее чем двумя линзами при расположении нижней и верхней линз соответственно на глубину 20-25 и 5-10 м. Предложенная Ю.В. Кириченко конструкция образует рассредоточенные в плане и профиле дренажные линзы, гидравлическая связь между которыми осуществляется с помощью соединительных дренажных призм. Такая конструкция позволяет за период между сезонами намыва создавать в пределах пляжных и части промежуточных зон дренажные элементы минимального объема.

На гидроотвалах разрезов «Бачатский» и «Новосергеевский» дренажные линзы в пляжных зонах целесообразно создавать из намывных отходов углеобогащения на крутонаклонных сепараторах.

Проект гидроотвала «Бсковский» предусматривал формирование дамбы высотой до 73 м при помощи системы призм из полускальных пород с глинистыми экранами, укладываемых на намывные глинистые грунты. Значительный разнос промежуточных призм (расстояние между их осями составляет 50 м) определяет пологий генеральный угол откоса дамбы (около 7°). Для увеличения полезного объема гидроотвала МГГУ рассматривались варианты пригрузки низового откоса дамбы полускальными вскрышными породами с формированием насыпных дренажных линз и создания намывных дамб наращивания в сочетании с намывными дренажными линзами. Рекомендуемая конструкция дамбы, изображенная на рис. 1.33, обеспечивает общую местную устойчивость системы откосов при увеличении объема гидроотвала по сравнению с проектным на 5 млн. м³.

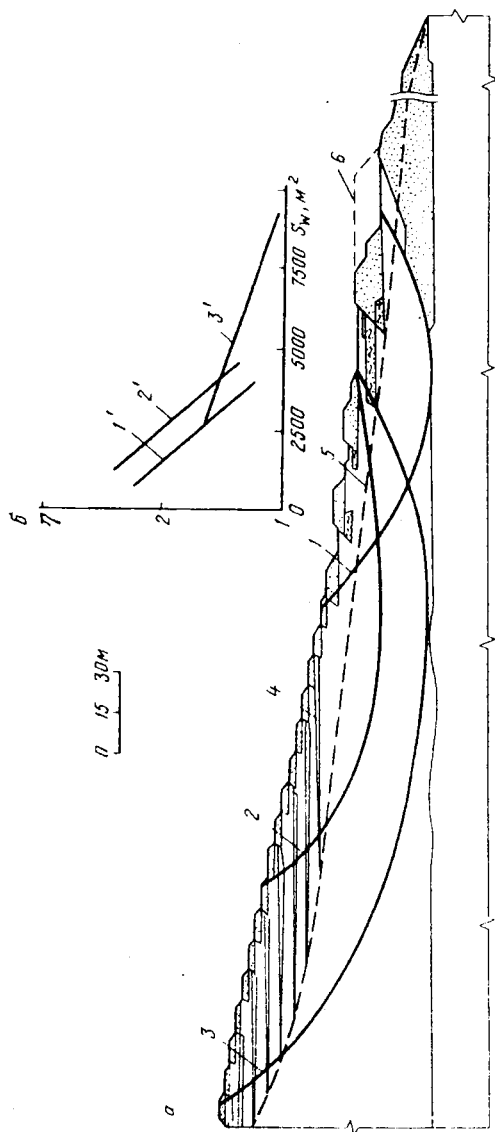


Рис. 1.33 Рекомендуемая конструкция дамбы гидроотвала «Бековский» (а) и зависимости (кривые 1, 2, 3) коэффициента запаса ее устойчивости η от площади эпюры давления воды S_w по вероятным кривым скольжения 1, 2, 3 (б); 4 - дренажные линзы; 5 - кривая депрессии; 6 - контур нагрузки

Аналогичная конструкция дамбы гидроотвала «Прямой Ускат» увеличивает срок его службы при размещении дополнительного (по сравнению с проектом Кузбасгипрошахта) объема гидровскрыши около 4 млн. м³. На этом гидроотвале формирование откосных сооружений из намывных отходов углсобогащения может осуществляться на значительной части дамбы (по ее длине) без монтажа перекачной станции благодаря существенному превышению (около 15 м) горизонта установки зсмлесоса над верхней площадкой дамбы.

Создание дренажных линз обеспечивает ускорение консолидации тонкодисперсных грунтов пляжных зон и повышение удерживающих сил (сопротивление сдвигу) по поверхности скольжения. Увеличение вместимости гидроотвалов позволяет исключить затраты на вывоз вскрытых колесными видами транспорта или сократить дальность доставки гидровскрыши.

Эффективным способом направленного воздействия на намывные массивы тонкодисперсных грунтов является создание в его внутренних зонах дренажных элементов. Разработанный МГГУ, трестом «Энергогидромеханизация» и Украинским отделением Гидропроекта способ возведения намывного основания предусматривает расчленение толщи тонкодисперсных грунтов системой гидравлически связанных намывных фильтрующих элементов - призм, линз и подушек, ускоряющих процесс уплотнения слабопроницаемых грунтов (рис. 1.34а). Способ использован на гидроотвале «Берсозовый Лог» (КМА), при подготовке которого к рекультивации намыто около 18 млн. м³ фильтрующих материалов. Фильтрующий материал укладывали при помощи безэстакадного пионерно-торцевого намыва (рис. 1.34б). В качестве фильтрующих материалов были использованы пески, отходы обогащения железистых кварцитов, золошлаки ТЭЦ. В ходе опытно-промышленной проверки разработанной технологии на этом гидроотвале выполнили перекрытие песчаной призмой ядерной зоны мощностью свыше 45 м, сложенной глинисто-меловыми грунтами. Объем опытных намывных работ по укладке песка в ядерную зону составил 750 тыс.м³. Геометрические параметры призмы: длина - 500 м, ширина - 70 м, максимальное превышение над поверхностью ядерной зоны - 3 м; проникновение песчаных грунтов в неконсолидированную толщу - до 22,5 м.

Намыву плавающей дренажной призмы предшествовало комбинированное зондирование глинисто-меловых пород со льда, позволившее установить зависимость между мощностью слоя намыва песка, несущей способностью глинисто-меловых пород и скоростью наращивания пульповодов.

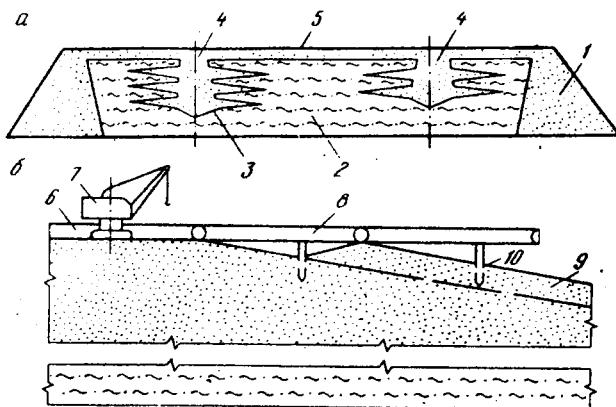


Рис. 1.34 Конструкция намывного основания и схема намыва фильтрующего материала:

1 - упорные призмы; 2 - намывной массив тонкодисперсных грунтов; 3 - линзообразные прослойки из фильтрующего материала; 4 - «плавающее ядро» дренажной призмы; 5 - покровный слой из фильтрующего грунта; 6 - пульпопровод; 7 - кран для наращивания пульпопровода; 8 - конечный участок пульпопровода; 9 - свайные опоры; 10 - зона наибольших осадок намывной поверхности

План размещения дренажных элементов в пределах намывного массива гидроотвала показан на рис. 1.35. С учетом установленной зондированием и прогнозными расчетами необходимости форсирования консолидации глинисто-меловых грунтов, в центральной части второй секции по рекомендации МГГУ сооружена дренажная призма № 3. Дренажные призмы являются связующими элементами дренажной системы и предназначены для размещения на них оборудования и пульпопроводов, необходимых при перекрытии суглинками и черноземом карт рекультивации. Отсечные призмы, оконтуривающие эти карты, намывались между дренажными призмами.

Расчетами уплотнения и несущей способности намывного массива определена продолжительность периодов «пассивного» (без применения специальной технологии намыва) и «активного отдыха» гидроотвала.

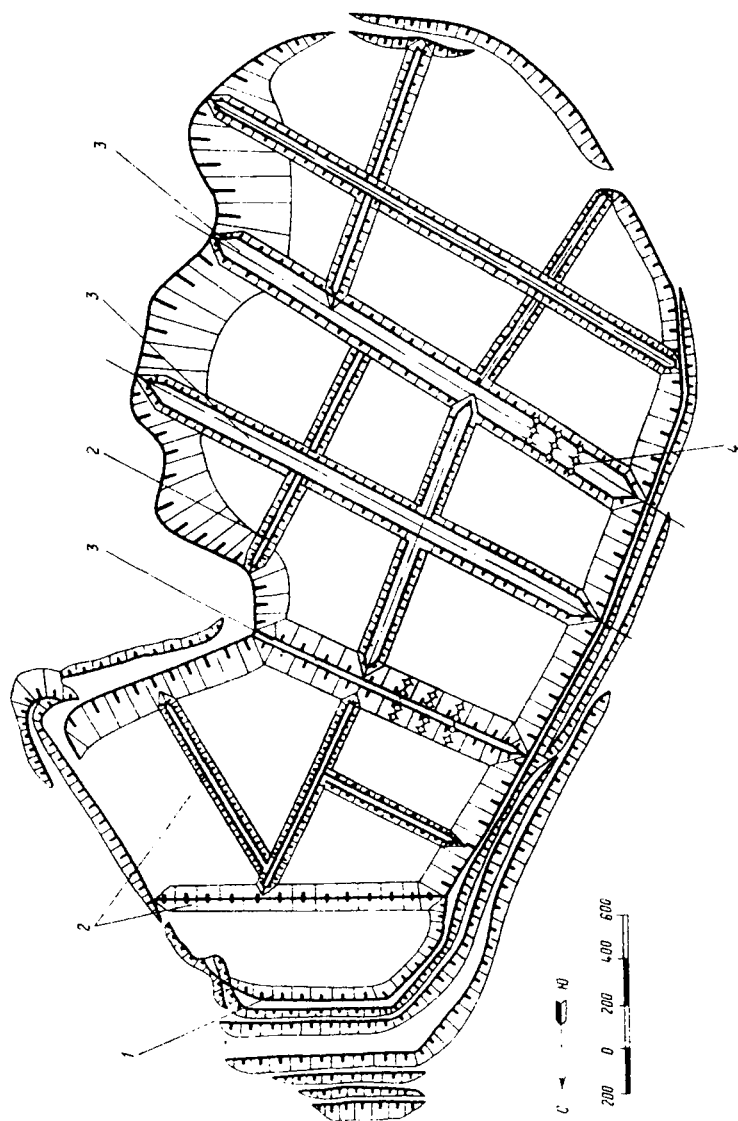


Рис. I.35 Схема расположения дренажных призм на гидроотвале «Березовый Лог»;
1 - откосные сооружения; 2 - отсечные дренажные призм; 3 - раздельные дренажные призм; 4 - створы реперов

Возведение намывного основания позволило завершить подготовку к рекультивации трех секций гидроотвала общей площадью около 750 га. Отметим, что «пассивный отдых» намывного массива продолжался бы свыше 30 лет.

Для обеспечения необходимой скорости перекрытия ядерной зоны на участках с низкими прочностными характеристиками и рекультивации второй секции целенаправленно ускорена консолидация намывных масс путем подачи в ядерную зону фильтрующих материалов. С целью предупреждения возникновения эрозийных процессов на восстановленной территории выполнен расчет отметок заполнения гидроотвала с учетом развития осадок намывного массива. На рис. 1.36 изображена расчетная форма техногенного массива, полученная с учетом этих данных.

Прогноз и контроль уплотнения тонкодисперсных грунтов в пределах различных участков ядерной зоны гидроотвала с учетом влияния дренирующих элементов позволили выполнить корректировку стр объема и обосновать увеличение общей вместимости до 250 млн. м³.

Для форсирования консолидации наименее уплотненного тонкодисперсного материала третьей секции предложено использовать в качестве пористого штампа отходы рудообогащения комбината «КМАруда». Укладка хвостов обогащения в третьей секции оказала интенсивное уплотняющее воздействие на тонкодисперсные грунты.

С целью ускорения водооборота МГГУ совместно с трестом «Энергогидромеханизация» предложена разновидность конструкции намывного основания, предусматривающая возведение соединенной с «плавающими» дренажными элементами разделительной дамбы (на естественном основании) и создание внутреннего прудка (рис. 1.37). При этом устраняется необходимость создания внешнего прудка и сокращается площадь отчуждаемых земель.

Создание системы дренажных элементов во внутренних зонах гидроотвалов способствует улучшению водооборота и позволяет сократить затраты на подпитку гидроустановок свежей водой в объемах, измеряющихся миллионами кубометров. Поэтому применение специальной технологии формирования гидроотвалов имеет также большое значение с позиций охраны водных ресурсов горнопромышленных районов.

Для ряда гидроотвалов разрезов Кузбасса форсирование консолидации намывных тонкодисперсных толщ возможно путем целенаправленной укладки гидравлическим способом отходов обогащения угля в крутонаклонных сепараторах.

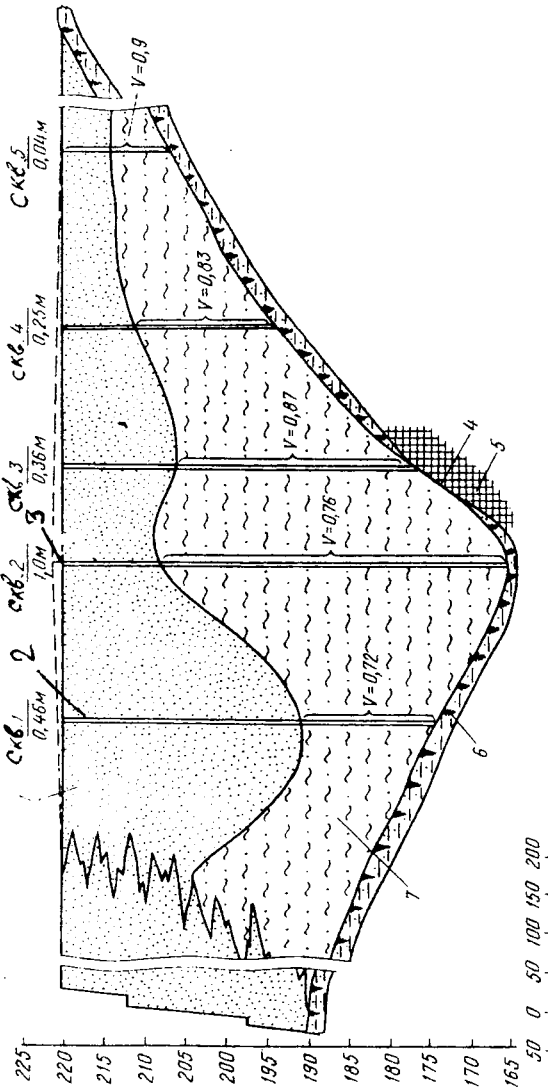


Рис. 1.36 Инженерно-геологический разрез гидроотвала «Березовый

Дог» по линии I-I;

1 - песок намытый, мелко- и среднезернистый, местами с обломками мела и прослоями глинисто-меловых паст; 2 - инженерно-геологическая скажина и ее номер; 3 - остаточная осадка слоя и ее величина; 4 - щебень, дресва, галька плохой окатанности, мел с суглинками заполнителем; 5 - мел белый, слабый, трещиноватый, по трещинам ожелезненный; 6 - почвенно-растительный слой - покровный суглинок; 7 - суглинисто-меловая паста с прослоями песка и суглинка (U - степень уплотнения глинисто-мелового слоя)

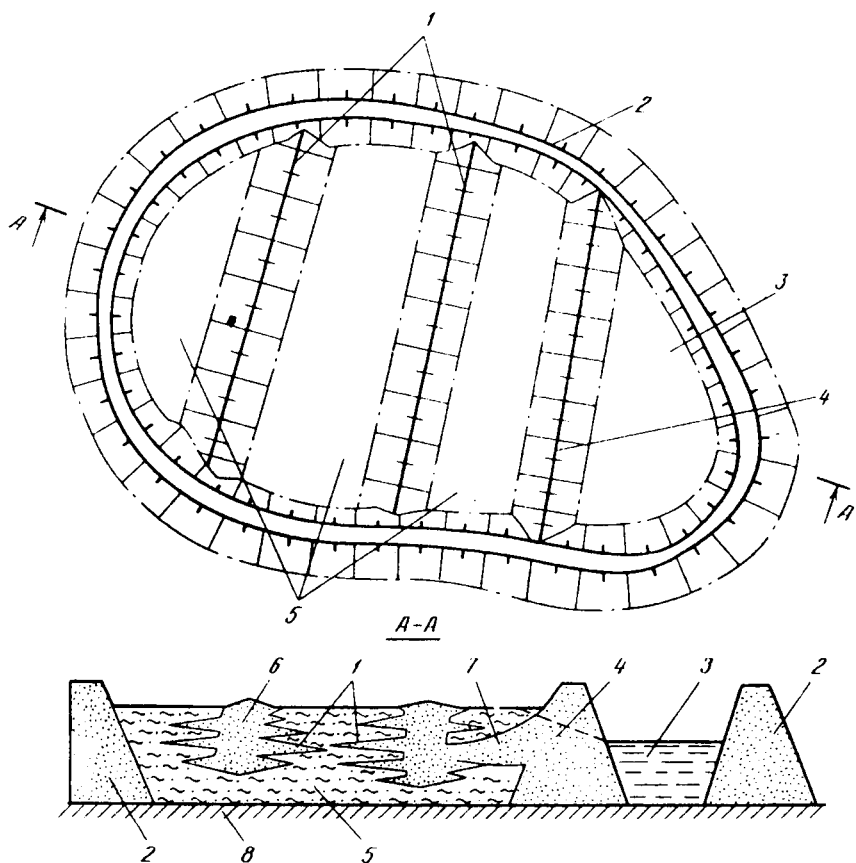


Рис. 1.37 Формирование гидроотвала с внутренним прудом-аккумулятором:

1 - фильтрующие линзы; 2 - внешняя ограждающая дамба; 3 - внутренний пруд-аккумулятор; 4 - разделительная дамба; 5 - намывные тонкодисперсные грунты; 6 - фильтрующее ядро; 7 - фильтрующий слой, соединяющий плавающую дренажную призму и разделительную дамбу; 8 - естественное основание

Проектное положение дренажных призм на гидроотвале «Бесковский» разреза «Бачатский» устанавливалось по результатам ин-

женерно-геологического зондирования, оси дренажных призм приурочены к границам инженерно-геологических участков, выделенных в пределах внутренних зон гидроотвала. Принципиальная схема формирования дренажной призмы и ее поперечный разрез представлены на рис. 1.38. Отходы углеобогащения могут также использоваться для создания намывных упорных призм.

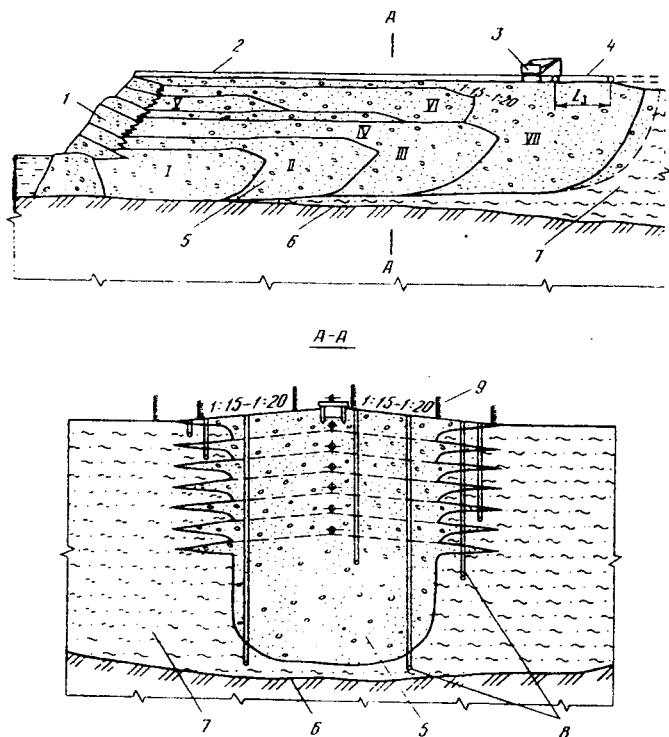


Рис. 1.38 Принципиальная схема формирования дренажной призмы из отходов углеобогащения

I-VII - этапы формирования призмы; 1 - дамба гидроотвала; 2 - пульпопровод; 3 - подъемный кран; 4 - звено пульпопровода длиной 1; 5 - отходы углеобогащения; 6 - основание; 7 - намывные глинистые грунты; 8 - пьезодинамометры; 9 - реперы

Максимальная продолжительность периодов с момента окончания намыва гидроотвалов до начала работ и последующего эффективного использования намывных территорий (периоды «отдыха») без проведения мероприятий по форсированию консолидации массивов тонкодисперсных грунтов мощностью до 50 м для пляжных и ядерных зон достигает соответственно 10 и 20-25 лет. Предложенная технология формирования дренажных элементов обеспечивает повышение объема складированной гидровскрыши на 10-15% и сокращение продолжительности «отдыха» различных зон гидроотвалов до 1-5 лет.

Отметки заполнения гидроотвалов принимают с учетом формы и размеров мульды оседания, образующейся при уплотнении тонкодисперсных грунтов под действием их собственной массы и дополнительных внешних нагрузок от дренажных элементов и отвальных насыпей. Формирование выпуклой поверхности гидроотвала позволяет исключить развитие эрозионных процессов после завершения рекультивационных работ.

Применение новой технологии возведения гидроотвалов перспективно также и для намывных объектов проектируемого Талдинского угольного разреза в Кузбассе (генпроектировщик - Сибгипрошахт). Общий объем рыхлой вскрыши в пределах карьерного поля составляет 350 млн. м³. В соответствии с календарным планом горных работ выемка наносов должна осуществляться в первые годы. Так, например, при разработке участков «Западный-73» и «Западный-86» наносы в объеме 80-90 млн.м³ должны быть отработаны в первые 10-15 лет. Укладка наносов экскаваторами во внутренних отвалах приведет к существенному ухудшению их устойчивости, так как при дальнейшем наращивании отвалов глинистые грунты будут нагружаться полускальными породами. В этих условиях целесообразно разрабатывать наносы средствами гидромеханизации с размещением гидроотвала в заболоченной пойме р. Тагарыш, которая берет начало в пределах карьерного поля. Минимальное расстояние от карьера до гидроотвала - около 0,5 км. В гидроотвале первой очереди может быть уложено около 120 млн.м³ глинистых грунтов на площади около 600 га. Максимальная мощность намывно-го массива при этом достигает около 50 м.

Реализация в проекте строительства разреза «Талдинский» предложений МГТУ по формированию внутренних отвалов полускальных пород и гидроотвалов глинистых грунтов обеспечивает достижение значительного экономического и природоохранного эффекта.

Создание дренажных элементов в намывной толще тонкодисперсных грунтов позволит увеличить полезный объем гидроотвала на

10-15% и ускоренно подготовить для последующего сельскохозяйственного использования дополнительные площади.

Выполнение технологических и специальных мероприятий по изменению состояния намывных массивов способствует повышению вместимости этих сооружений; ускоряет водооборот за счет форсирования консолидации намывного материала; позволяет проводить горнотехническую рекультивацию намывных территорий одновременно с их формированием; существенно (до 8%) увеличивает коэффициент запаса устойчивости ограждающих дамб; позволяет использовать намывную территорию сразу по окончании ее заполнения.

Дренаж упорных призм рассматривается в качестве важнейшего мероприятия при формировании намывных массивов. Типизация схем дренажа разработана в НИИКМА М.А. Дергилевым.

В большинстве случаев ограждающие дамбы хранилищ возводятся средствами гидромеханизации из фильтрующих материалов, в том числе и из крупных фракций хвостов обогащения, что приводит к фильтрации больших объемов воды и подтоплению прилегающих территорий. Из общего объема потерь воды, в технологическом цикле обогащения руд 65-80% составляют потери на ее фильтрацию. Вместе с водами во внешнюю среду выносятся ионы тяжелых металлов (например, железо, медь, свинец, мышьяк, цинк, кобальт, никель, кадмий, селен, теллур), а при окислении сульфидных минералов (например, пирита) вода приобретает кислую реакцию. Смешивание фильтрационных и грунтовых вод ухудшает экологическую обстановку на обширных территориях вокруг хвостохранилищ.

В качестве противofильтрационного экрана можно использовать глины, суглинки тяжелые, супеси и мелкозернистые фракции хвостов обогащения. Переходные зоны прямого и обратного фильтров можно формировать из песчаных грунтов или из щебня отходов сухой сепарации продуктов обогащения.

Опыт проектирования и строительства хранилищ различного назначения свидетельствует, что при проведении противofильтрационных мероприятий эти объекты целесообразно разделять на проектируемые и действующие с последующим подразделением на хвостохранилища, воды которых не содержат или содержат вредные вещества.

Разработанная в ВИОГЕМс (Васильев А.В. и др.) классификация противofильтрационных мероприятий предусматривает выделение экранов из местных материалов (грунтовые), отходов производства (хвосты), с использованием пленок и листовых пол-

имерных материалов, асфальто-битумно-бетонных и др. В свою очередь, противофильтрационные завесы подразделяются на траншейно-щелевые, ледопородные, гидро- и пневмозавесы.

Дренажные устройства - водопонижающие и поглощающие скважины, горизонтальный и пластовый дренажи и др., а также их комбинации применяются при перехвате фильтрационных вод непосредственно в чаше хранилища или в водоносном горизонте с последующей перекачкой их обратно в бассейн, очистные сооружения или к другому потребителю.

Комбинированные системы, как правило, включают работы по экранированию в сочетании с дренажными устройствами или сооружение последних с противофильтрационными завесами (ПФЗ).

Конкретную схему защиты выбирают на основе технико-экономической оценки ряда вариантов классификации.

Крупные хвостохранилища возведены на КМА: в балках «Чуфичево» (Лебединский и Стойленский ГОКи) и «Песочная» (Михайловский ГОК). Этими объектами занято и временно исключено из землепользования 2362 га плодородных земель.

Подготовка чаши хвостохранилища на Лебединском ГОКе включала удаление чернозема мощностью около 1 м по подлежащей затоплению площади и сооружение искусственного глинистого экрана мощностью 1,5-5 м. В качестве намывного материала тела дамбы служили песчаные вскрышные грунты карьера Стойленского ГОКа. Намыв дамбы двусторонний (по контуру обоих откосов) равномерными слоями по всей карте.

Откосы и гребень дамбы по окончании намыва планировали экскаваторами и бульдозерами. Верховой откос дамбы - комбинированный с заложением 1:4 у основания и 1:4,5 в верхней части. Низовой откос имеет заложение 1:3. Во избежание разрушений от воздействия волны верховой откос на всю высоту укреплен слоем окисленных кварцитов толщиной до 1 м, высота дамбы после наращивания достигла 58 м. Благодаря уплотнению грунта в теле дамбы (плотность скелета грунта составила 1,56 т/м³, депрессионная кривая понижена так, что возможные выклинивания воды от фильтрации попадают в основание низового откоса. Здесь для перехвата фильтрационной воды был устроен дренаж из сборных керамзитобетонных пористых трубчатых секций с выводом воды за нижний бьеф дамбы.

Противофильтрационные мероприятия предотвращают сброс неочищенной воды в балку «Чуфичево» ниже дамбы хвостохранилища, что исключает загрязнения рек Оскол и Дон. Отсто-

являвшаяся осветленная вода из хвостохранилища подается в технологический процесс обогащения.

На Михайловском ГОКе в балке «Песочная» возведена намывная дамба общей высотой 35 м. Для обеспечения ее устойчивости и устранения сверхнормативной фильтрации слабые грунты (лесовидные суглинки) в основании дамбы мощностью до 5 м были удалены и заменены привозным уплотненным грунтом. С целью заглубления депрессионной кривой под телом дамбы устроили металлическую шпунтовую завесу длиной 600 м, глубиной заложения от 12 м до 20 м. На искусственное основание со стороны нижнего бьефа намывали песок с устройством верхового комбинированного откоса с заложениями 1:4 и 1:3,5 и разгрузочных берм. Верховой откос и надстройку дамбы над намытой частью отсыпали привозными суглинками, верховой откос укрепили кварцитом. Намытый песок образовал дренажный слой, в котором был уложен трубчатый дренаж. Противофильтрационные мероприятия исключают попадание загрязненных стоков в р. Сейм. Вместимость первой очереди хвостохранилища Михайловского ГОКа составила 162 млн. м³, площадь зеркала воды 928 га; вместимость хвостохранилища после реконструкции составила 206 млн. м³, площадь зеркала воды 1664 га.

Хвостохранилище Качканарского ГОКа в пойме р. Выя вместимостью 235 млн.м³ состоит из промежуточного и левого отсеков общей площадью 988 га.

Для ввода в эксплуатацию промежуточного отсека была намыта разделительная дамба длиной 2,4 км, построен наклонный дренаж из щебня, отсыпаны ограждающие дамбы. В теле ограждающих дамб заложены дренажи тюфячного типа, оказавшиеся малоэффективными в процессе эксплуатации.

При наборе воды в промежуточный отсек до проектной отметки на низовом отсеке одной из дамб в центральном створе обнаружен сосредоточенный выход фильтрационного потока с выносом материала, причем по мере повышения горизонта воды в прудке-отстойнике наблюдались рост суффозионных явлений, повышение отметки и расширение фронта выхода фильтрационных вод на низовом откосе дамбы.

С целью предотвращения деформаций производилась отсыпка наклонного дренажа из щебня слоем 1-1,5 м с параллельной пригрузкой скальным грунтом слоем 1,5-2 м (рис.1.39). Для обеспечения устойчивости верхового откоса до набора воды в промежуточный отсек был отсыпан скальный банкет из вскрышных пород.

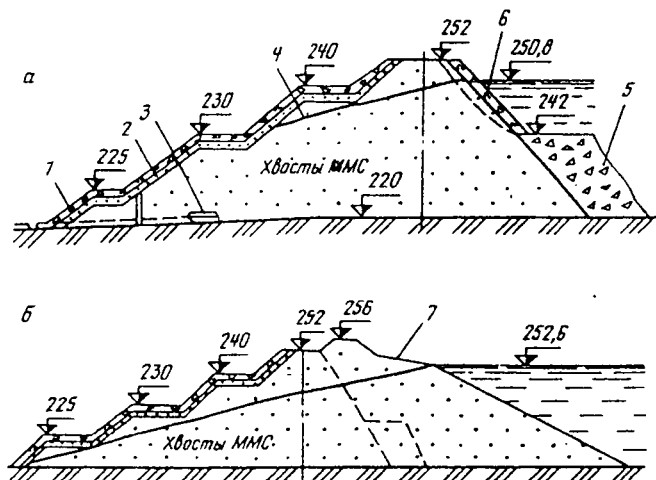


Рис. 1.39 Схема дренажа откоса дамбы (по А.М.Шкурко)

а, б - соответственно до и после намыва пляжа; 1 - пригрузка скальным грунтом слоем 1,5-2 м; 2 - дренаж из щебня; 3 - дренаж тнхфячного типа (проект); 4 - кривая депрессии; 5 - скальный банкет; 6 - отсыпка скальным грунтом; 7 - пляж

После намыва пляжа и удаления уреза воды на 120 м от оси ограждающей дамбы расход фильтрационного потока через тело дамбы уменьшился вдвое, понизился уровень депрессионной кривой в теле дамбы, что подтвердили данные замеров уровней воды по пьезометрам.

В результате принятых мер удалось ликвидировать аварийное состояние дамбы и продолжить намыв пляжа и отсыпку обвалочной дамбы, что позволило поднять уровень воды в прудке-отстойнике для нормального складирования хвостов.

Интересен опыт строительства дамбы хвостохранилища «Обед Маунтин» (Канада) на слабом основании. В основании дамбы проектной высотой 60 м и протяженностью 2,7 км залегают заторфованные глинистые грунты, глины, песчаники, алевриты и гли-

нистые сланцы; мощность слабых грунтов до 12 м. Дамба формируется из вскрышных пород угольного карьера, включающих глинистые и полускальные разности. Уровень воды в прудке поддерживается на 3 м ниже гребня дамбы. Конструкция дамбы предусматривает создание глинистого ядра, укладываемого слоями 300 мм с жестко регламентируемой плотностью переходной зоны и основной части из крупноблочного песчаника. На внешнем откосе имеется берма шириной 60 м. Возведение дамбы осуществляется в 9 этапов за период до 12 лет с учетом режима работы угольного карьера, необходимости обеспечения оперативной информацией о состоянии системы дамба-основание, получаемой по пьезометрам и инклинометрам.

На Ингулецком горно-обогатительном комбинате (ИнГОКе) эксплуатируется наиболее рациональное по использованию землеотвода хвостохранилище - удельный коэффициент использования земли составляет 1,86 га на 1 млн. м³ вместимости (Станков А.П., Каграманян Э.А., Сахаров Н.Н. и др.).

В хвостохранилище направляют очищенные хозяйственно-бытовые стоки комбината и жилого поселка, фильтрационные воды, собираемые системой дренажа, а также карьерные и шахтные воды.

Хвостохранилище представляет собой обвалованную по периметру емкость, образованную в пойме намывной дамбой проектной высотой 72 м, а по береговому плато - насыпной суглинистой дамбой высотой от 6,5 до 30 м.

С целью защиты от загрязнения окружающих водоемов и бассейнов Черного и Азовского морей дренируемые воды из шламохранилища улавливаются системой противofильтрационной защиты и направляются обратно в хвостохранилище.

По периметру плотины уложен прерывистый ленточный дренаж поверх суглинистой пионерной дамбы с выходом в дренаж, уложенный в основании упорной призмы. На всем протяжении пойменной части намывной дамбы для снижения фильтрационного давления уложен глубинный трубчатый дренаж в щебеночной отсыпке по кровле песков.

Фильтрационные воды южной части дамбы по трубчатым, ленточным и открытым дренажам, поступающие самотеком в дренажную насосную станцию, перекачиваются в подводящий канал.

С целью уменьшения фильтрации в правом примыкании плотины в верхнем бьефе выполнена глинистая завеса - «зуб» длиной 380 м и глинистый экран по обнажениям известняков.

В нижнем бьефе для перехвата основной части фильтрационного потока построен вдоль р. Ингулец трубчатый дренаж, из которого вода направляется в глубинный дренаж намывной плотины, и далее в систему оборотного водоснабжения. В левом примыкании построены участок противofильтрационной бетонной завесы и глубинный траншейный дренаж с выводом в него вод намывной дамбы.

В целях предотвращения попадания фильтрационных вод в р. Ингулец принят к исполнению проект с лучевым дренажем, который предусматривает с западной и южной сторон у основания хвостохранилища строительство 23 колодцев диаметром 4,5 м и глубиной от 37 до 42 м. Водоприемная часть колодцев состоит из пяти горизонтальных дренажей длиной 130 м и диаметром 130 мм каждая, расположенных в направлении к хвостохранилищу по отношению друг к другу под углом в 40° у основания колодцев.

Проект реконструкции объектов хвостового хозяйства и оборотного водоснабжения предусматривает создание дополнительной емкости вместимостью 134,2 млн. м³ путем наращивания намывной дамбы и ограждающей дамбы для складирования хвостов в течение 10 лет и строительство нового хвостохранилища в балке «Безымянной» на последующие годы.

Значительная часть пригрузки дамбы, обеспечивающей ее устойчивость, отсыпается вскрышными породами. Улучшение конструкции дамбы заключается в устройстве профильтративного экрана карт обвалования, отсыпаемого из хвостов в сочетании с намывом центральной призмы хвостами.

Для осушения прилегающей территории предусмотрен перехват фильтрационных вод при помощи яруса лучевых дренажей, сооружаемых из вертикальных колодцев – насосных станций на подошве понтических известняков. Применяемый лучевой дренаж позволяет перехватить и возвратить в хвостохранилище до 95 % профильтровавшейся воды. Внутренние отвалы используются для размещения на них производственных объектов, объектов культурно-бытового назначения, лесов и сельскохозяйственных угодий.

К настоящему времени накоплен значительный опыт использования внутренних отвалов для размещения хвостохранилищ. На рис. 1.40 представлена схема размещения подобных сооружений на насыпях внутренних отвалов.

Подготовка техногенных слабых оснований из насыпных глинистых и песчаных грунтов включает их замачивание в течение периода до 6 мес. перед началом строительства дамб, временную пригрузку в строительный период и замыв верхового откоса дамбы хвостами обогащения.

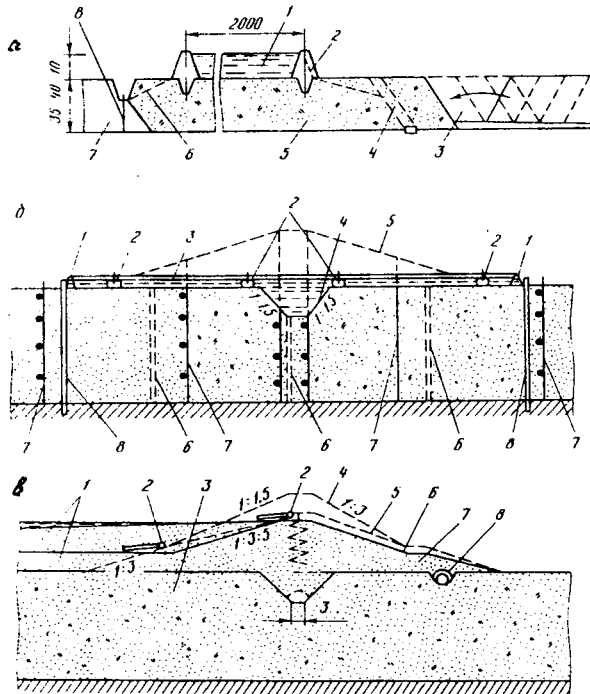


Рис. 1.40 Инженерные приемы строительства дамб на отвалах (размеры в метрах):

а - схема размещения сооружений хвостохранилища на отвалах: 1 - хвостохранилище; 2 - дренаж у основания дамбы; 3 - рабочая траншея; 4 - дренаж, защищающий рабочую траншею от подтопления; 5 - отвалы, сложенные насыпными грунтами; 6 - дренаж, защищающий нижний бьеф от подтопления; 7 - ненарушенные грунты; 8 - дренажная скважина; б - схема замачивания основания под дамбу: 1 - дамбочки карт замачивания; 2 - поверхностные реперы; 3 - поперечные дамбочки, разделяющие карты замачивания с шагом 200-250 м; 4 - траншея глубиной 10 м, используемая в дальнейшем как «зуб» дамбы; 5 - контур будущей дамбы; 6 - контрольные скважины для изучения физико-механических свойств грунтов основания до и после замачивания; 7 - радиоизотопные глубинные реперы; 8 - основные скважины; в - поперечное сечение дамбы, возведенной на насыпных грунтах: 1 - придамбовые пляжи, намываемые из хвостов; 2 - разводящие пульпопроводы для намыва придамбовых пляжей; 3 - суслистые грунты; 4 - профиль временной пригрузки; 5 - строительный профиль дамбы с учетом осадки; 6 - проектный профиль дамбы; 7 - песчаные и супесчаные грунты; 8 - дренажная выработка

Приведем примеры некоторых технологических схем формирования ограждающих сооружений хвостохранилищ с использованием отвалов вскрышных пород.

Целесообразным можно считать поэтапное совместное складирование хвостов и вскрышных пород путем последовательного возведения, заполнения и рекультивации примыкающих друг к другу небольших хвостохранилищ с отсыпанными по их периметру в процессе отвалообразования ограждающими сооружениями (дамбами - отвалами).

В предложенных технических решениях (Калишевский В.Н.) глинистый грунт отсыпают в сооружения без послойного механического уплотнения, используя для этой цели специальные пригрузки, замачивание по мере подъема уровня воды в хвостохранилище и статическое давление уложенного материала. Верхний откос глинистого грунта пригружают водопроницаемым несжимаемым и нерастворимым в воде материалом: крупнообломочными грунтами, песком или отходами обогащения. За пределами пруда оборотного водоснабжения отсыпaeмый в тело сооружения глинистый грунт уплотняется массой надводного пляжа, намываемого при помощи распределительных пульповодов из хвостов по мере заполнения хвостохранилища (см. рис. 1.41а,б).

Для защиты экрана от фильтрационных деформаций между экраном и упорной призмой дамбы (отвалом) может быть уложен переходной слой, необходимость которого устанавливают путем сопоставления фактического градиента напора с критическим. Технологическая схема использована при возведении экранов отвалов хвостохранилища ЦГОКа (Кривбасс).

При значительном количестве глинистого грунта его можно отсыпать в центральную призму дамбы без механического уплотнения. В этом случае осуществляется компрессионное сжатие глинистого грунта с помощью боковых призм из водостойчивых грунтов: камня, песка или хвостов. Для создания дополнительных сжимающих напряжений в глинистом грунте на гребне дамбы может быть предусмотрена отсыпка гравитационной пригрузки. Дамбы с такой пригрузкой можно возводить на всю высоту хвостохранилища и для замыка отдельных его ярусов (вторичные дамбы). В последнем случае пригрузку гребня ранее возведенной дамбы целесообразно использовать в качестве упорной призмы для устройства вторичной дамбы следующего яруса наращивания хвостохранилища.

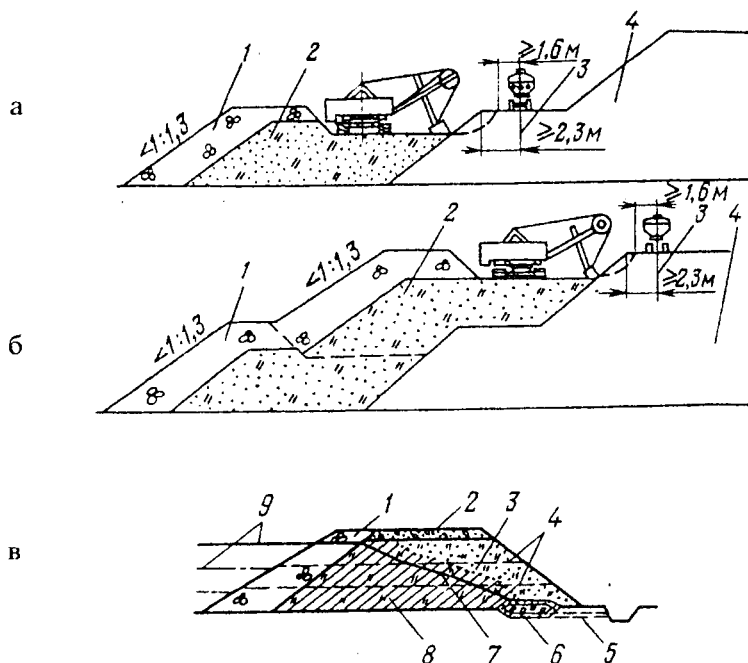


Рис. I.41 Технологические схемы формирования ограждающих сооружений хвостохранилищ (по В.Н.Калишевскому)

а-б - схема отсыпки экрана из скальных вскрышных пород;

1 - пригрузка экрана из скальных вскрышных пород; 2 - экран из глинистого грунта; 3 - ось железнодорожного пути; 4 - отвал вскрышных пород или упорная призма дамбы

в - схема возведения дамб из глинистого грунта без механического уплотнения:

1,2 - пригрузка верхового откоса и гребня; 3 - приоткосная зона из сухого глинистого грунта; 4 - границы отсыпаемых слоев грунта; 5 - отводящий коллектор; 6 - внутренний дренаж; 7 - кривая депрессии; 8 - глинистый грунт в зоне насыщения; 9 - ярусы намыва хвостохранилища

При отсутствии воды в нижнем бьефе уложенный в дамбу глинистый грунт в зоне водонасыщения может быть обжат сухим глинистым грунтом, что позволяет отказаться от упорной призмы из каменной наброски. Обжатие достигается снижением кривой депрессии в теле дамбы с помощью расположенного в ее низовом клине внутреннего дренажа. Приоткосная зона из сухого глинистого грунта с более высокими прочностными характеристиками должна обеспечить устойчивость низового откоса и создать условия для компрессионного сжатия, расположенного в зоне насыщения грунта.

Такие дамбы можно отсыпать по традиционным схемам отвалообразования из талого грунта слоями толщиной до 15 м с запасом на осадку. Каждый последующий слой грунта можно отсыпать лишь после обжатия и замачивания ранее отсыпанного слоя. Замачивание каждого слоя происходит при подъеме уровня воды в хвостохранилище до отметки, расположенной на 1-5 м ниже его поверхности (рис. 1.416, в). Послойная отсыпка дамбы позволяет снизить осадку и постепенно увеличивать напряженное состояние грунта по мере увеличения его прочности при наращивании дамбы.

Хвостохранилище ДОФ-1 Донского ГОКа образовано земляной дамбой с суглинистым зубом и бетонной шпонкой в русловой части. Ширина дамбы по гребню 6 м, заложение откосов - верхового 1:3,5, низового 1:2; максимальная высота 19,4 м, длина 1,3 км. Вместимость первой очереди хвостохранилища 1,8 млн. м³, срок службы в соответствии с проектом - 10 лет. Годовой выход хвостов 274 тыс. т, плотность хвостов 3,39 т/м³, средневзвешенная крупность 0,103 мм, содержание твердого в пульпе - 2,13%.

Невысокое содержание твердого в пульпе и повышенные требования к качеству оборотной воды (содержание твердых частиц не более 0,3 г/л - характерная особенность обогащения хромитовых руд (Бурцов В.Я. и др.).

С целью увеличения вместимости хвостохранилища предложено (Уралгипроруда) следующее.

В незатопляемой чаше хвостохранилища сооружаются четыре карты намыва общей площадью 26 га, каждая из которых оборудуется водоприемным колодцем шандорного типа для отведения осветленной воды в прудковую зону хвостохранилища.

Обвалование карты намыва осуществляется породами из отвалов, примыкающих к картам, при этом растительный слой не удаляется. Размеры отсыпаемых дамб: ширина по гребню 6 м, заложение откосов - верхового 1:2,5, низового - 1:2. Дно карт намыва располагается выше отметки уровня воды в хвостохранилище, что

обеспечивает их естественное обезвоживание по завершении намыва и возможность вывозки хвостов в отвалы. Тем самым значительно продлевается срок эксплуатации хвостохранилища без повышения уровня воды в нем.

Способ картового намыва получил широкое распространение при наращивании ограждающих дамб в намывных хвостохранилищах, однако для увеличения вместимости хвостохранилища без повышения уровня воды в нем применен впервые в отрасли.

С целью уменьшения отчуждения сельскохозяйственных угодий и рационального использования земель, хвостохранилище Чкаловской обогатительной фабрики (Орджоникидзеинский горно-обогатительный комбинат, Украина) площадью 255 га предложено разместить на внутренних отвалах Алексеевского карьера, сформировав для этого земляные напорные дамбы длиной около 4,5 км и высотой 18-20 м (Лавриненко И.К., Колибаба В.Д., Завальный А.П. и др.). Тело отвалов представляет собой неоднородную разрыхленную смесь песчано-глинистых пород, мощностью 30-40 м, являющихся основанием дамб хвостохранилища.

По результатам инженерно-геологических и гидрогеологических исследований разработана специальная технология подготовки основания дамб и их возведения на отвалах большой мощности.

Для создания устойчивого основания дамб и надежной их работы в период эксплуатации хвостохранилища было рекомендовано отсыпать основание дамб в процессе горных работ послойно (сначала глинистые грунты, выше - песчаные), замачивать отвальные грунты основания дамб до начала отсыпки, создавать временную перегрузку основания дамб путем насыпки над ее проектным гребнем дополнительного объема грунта, который после завершения основных осадок должен быть убран, построить дренажную систему, предотвращающую подтопление и заболачивание земель вблизи хвостохранилища, периодически намывать верховой откос дамб хвостами обогащения.

К 1985 г. первая карта хвостохранилища, состоящая из двух отсеков, была заполнена хвостами и водой примерно до проектных отметок, и дамбы поддерживали напор около 18-20 м. В период строительства и эксплуатации проводились натурные исследования состояния дамб и их основания, позволившие выявить динамику поведения сооружения.

Исследования показали, что напорные дамбы за время наблюдений не имели каких-либо опасных нарушений, что подтвердило целесообразность технических решений по строительству дамб на внутренних отвалах большой мощности.

Использование внутренних отвалов Алексеевского карьера для размещения хвостохранилища сохранило 255 га пахотных земель.

Требованиям рационального использования природных ресурсов, сокращения площадей земли, изымаемой под строительство хвостохранилищ, а также повышения эффективности технологии складирования отходов горнорудной промышленности отвечают разработанные способы конусного намыва хвостохранилищ. Используемые для этой цели классификаторы (гидроциклоны) сгущают гидросмесь до концентрации твердого 30-50% и разделяют хвосты на крупные фракции, укладываемые в упорную призму - центральную или периферийные зоны хвостохранилища, и на мелкие, сбрасываемые в пруд-отстойник. Применение способа до последнего времени ограничивалось районами умеренного климата: складирование осуществляли только в сезон с положительной температурой воздуха.

С использованием основных положений этого способа разработана рациональная технология складирования хвостов в Заполярье (Захаров М.Н., Дергачев П.В., Филиппов Н.А. и др.).

Существующее в этом регионе хвостохранилище косогорного типа (рис. 1.43) образовано пионерной дамбой из гравийно-галечникового грунта высотой 11,5 м и ограждающей дамбой из намывных хвостов высотой до 20 м. Технология складирования хвостов предусматривает рассредоточенную подачу пульпы на пляж ограждающей дамбы при положительной температуре и сосредоточенный выпуск из гидроциклонов на примыкающий к косогору борт хвостохранилища при отрицательной температуре воздуха. Шламовую фракцию отводят под лед прудка. В первом случае используют выпуски, расположенные по оси распределительного пульповода, во втором - классификатор из гидроциклонов, в котором пульпа разделяется на две части, содержащие преимущественно песковую и шламовую фракции.

Подача сгущенной гидросмеси поблизости от самой высокой точки отвесной территории позволила дополнительно (по сравнению с традиционной схемой поярусного наращивания хвостохранилища) аккумулировать 2,5 млн.м³ хвостов. При этом вершина намывного массива на 10-15 м превышала отметку гребня ограждающей дамбы. Одновременно были созданы благоприятные

условия для лучшего осветления оборотной воды за счет сохранения подледного пространства от заполнения хвостами, сократились затраты на монтаж и демонтаж пульповодов, отходы обогатительной фабрики используются в качестве минерального сырья.

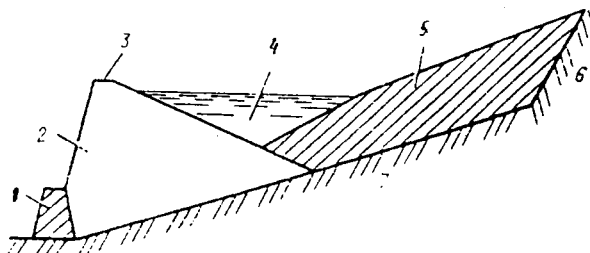


Рис. 1.42 Схема хвостохранилища (по Захарову М.Н. и др.)

1 - пионерная дамба из гравийно-галечникового грунта; 2 - хвосты обогатительной фабрики, намываемые рассредоточенным способом; 3 - гребень ограждающей дамбы; 4 - прудок; 5 - хвосты, намываемые гидроциклонной установкой; 6 - горный склон; 7 - основание хвостохранилища

Надежность технологии круглогодичного складирования хвостов подтверждена расчетами статической устойчивости хвостохранилища - минимальные коэффициенты запаса устойчивости ограждающей дамбы оказались равными 1,20 - 1,49.

Проект использования карьерных выемок в качестве хвостохранилищ разработан и внедрен на Роздольском ПО «Сера» (Гайдин А.М.).

В геологическом строении Роздольского месторождения (рис. 1.43а) участвуют меловые отложения мощностью 300-500 м, представленные водоупорными песчано-глинистыми породами, известняково-песчанистые и литотамниевые породы неогена, относящиеся к нижнему тортону, гипсоангидриды, известняки и глины верхнего тортона. К сульфатно-карбонатным породам приурочен водоносный горизонт, который служит источником поступления воды в карьер. Породы сульфатно-карбонатного комплекса перекрываются мощной (50-70 м) толщей глин и мергелей косовской свиты верхнего тортона, выше залегают четвертичные суглинки мощностью 5-10 м. Сернорудная залежь мощностью до 15 м в разрезе имеет линзовидную

форму. Подстилающими породами служат гипсоангидриты мощностью 14-15 м.

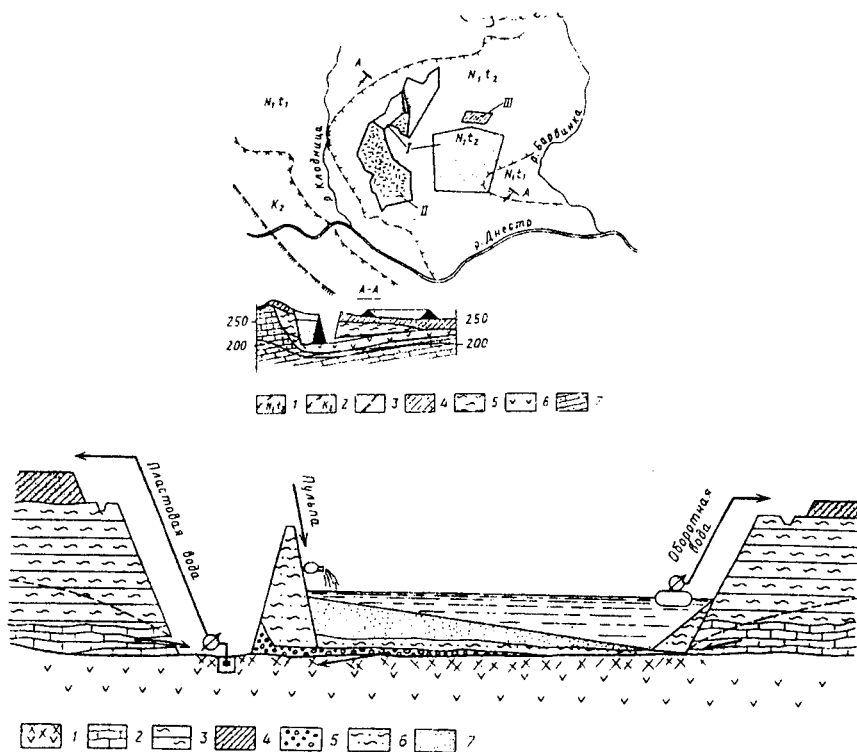


Рис. 1.43 Проект использования карьера для создания хвостохранилища

а - план и разрез участка Роздольского месторождения: I - хвостохранилище; II - внутренние отвалы; III - промплощадка; 1 - граница распространения глин косовской свиты; 2 - граница распространения сульфатно-карбонатной толщи; 3 - предкарпатский сброс; 4 - четвертичные отложения; 5 - глины косовской свиты; 6 - гипсоангидриты; 8 - известняк, песчаник

б - схема хвостохранилища:

1 - гипсоангидрит, в верхней части взорванный; 2 - известняк, серная руда; 3 - мергель; 4 - суглинок, песок; 5 - дренажная подушка и упорная призма из галечника и скальных руд; 6 - экран и дамба из мергеля вскрыши; 7 - осадок хвостов; пунктирной линией показана пьезометрическая поверхность нижнетортонского водоносного горизонта; стрелками показано направление движения подземных вод

В результате переработки серной руды ежегодно образуется 4,5 млн.т хвостов флотации, состоящих преимущественно из известняка. Крупные фракции, легко отдающие воду, сушат и отгружают сельскохозяйственным предприятиям в качестве известняково-серных удобрений, а тонкие фракции в объеме 3,5 млн.т складируют в хвостохранилищах. Отработка месторождения была начата с южной стороны и в настоящее время завершается на северо-восточном контуре. Южный и центральный карьеры заполнены внутренними отвалами, а северный карьер решено использовать в качестве хвостохранилища.

Во избежание затопления хвостохранилища подземными водами и загрязнения их оборотной водой, предложено следующее. Дно карьера зачистили от глинистых пород, обнажив поверхность взорванных с целью дренирования подземных вод гипсоангидритов (рис.1.43б). На эту поверхность уложили дренаж тьюфачного типа из гравийно-галечникового материала слоем толщиной 1 м, что обеспечило постоянный отток воды в действующую часть карьера откуда ее откачивают на очистные сооружения. Для изоляции пульпы хвостов флотации от дренажных вод на дренирующий слой уложили двухметровый экран из глин вскрышной тощи. Выходы известняков и серных руд некондиционной мощности в бортах карьера присыпали глинистыми породами. Выполаживание бортов карьера было признано нецелесообразным, так как противодавление, создаваемое пульпой хвостов обогащения повышает, а не снижает устойчивость бортов.

При строительстве дамбы были использованы глинистые вскрышные породы, так как сооружение является временным. В низовом откосе устроена упорно-дренажная призма из скальной вскрыши залегающих в кровле руды неосерненных известняков. Заложение откосов: верхового 1:8, низового 1:10, первоначальная высота 35 м с последующим наращиванием на 20 м. С целью уменьшения обходной фильтрации предусмотрена врезка тела дамбы в борта карьера по всей высоте; объем уложенного грунта составил 2,4 млн. м³. Возведение дамбы увязано в единый технологический комплекс с вскрытием и добычей руды. Полезная вместимость хвостохранилища составляет 21 млн. м³.

Использование выработанного пространства карьера для размещения хвостохранилища позволило обойтись без изъятия из сельского хозяйства новых земель и за счет совмещения вскрышных и отвальных работ со строительством дамбы существенно снизить затраты на его выполнение.

Одним из важнейших экологических требований, определяющих отношение к отходам и хвостохранилищам предприятий цветной металлургии как к возможным источникам загрязнения окружающей среды, является обеспечение необходимого уровня эксплуатации и технического состояния хвостохранилищ. Вместе с тем необходимость или целесообразность разработки и внедрения мероприятий, повышающих надежность хвостохранилищ, может быть обоснована при известном уровне эксплуатации и технического состояния хвостохранилища, критерием которого является общая экспертная оценка. Этот уровень определяется производственными, техническими, экологическими и другими факторами, различно влияющими на надежность хвостохранилища.

Анализ опыта проектирования, строительства и эксплуатации хвостохранилищ предприятий цветной металлургии, выполненный в Механобр (Райлян Г.А.), позволил выделить восемь факторов, влияющих на уровень эксплуатации и технического состояния хвостохранилища:

- 1 - параметры гидравлического складирования хвостов;*
- 2 - качество строительства пускового комплекса сооружений хвостохранилища;*
- 3 - параметры технического состояния хвостохранилища;*
- 4 - запас вместимости хвостохранилища;*
- 5 - степень освещения (очистки) сточных вод в отстойном пруду хвостохранилища;*
- 6 - состав эксплуатационного персонала;*
- 7 - уровень механизации работ на хвостохранилище;*
- 8 - оснащенность хвостохранилища контрольно-измерительными приборами (КИП).*

Факторы 1, 2, 3, 4 и 5 формируют техническое состояние хвостохранилища, как правило, связанное с определенным риском для его существования и сохранения окружающей природной среды. Факторы 6, 7 и 8 характеризуют техническую оснащенность и культуру производства работ и эксплуатации на хвостохранилище и поэтому не связаны с риском для существования хвостохранилища и сохранения окружающей природной среды. Уровень эксплуатации и технического состояния действующего хвостохранилища предложено оценивать по пятибалльной системе экспертных оценок

- от отличной, когда сооружение может выполнять заданные проектом функции и технологический регламент, до неудовлетворительной, когда эксплуатация не может быть переведена в аварийный режим и для восстановления функций сооружения необходим капитальный ремонт и реконструкция.

3. Рекультивация гидроотвалов и хвостохранилищ

Наиболее значительный опыт рекультивации намывных горнотехнических сооружений накоплен в бассейне КМА, где около 5 тыс. га занято гидроотвалами и хвостохранилищами. Исследованиями, проведенными НИИКМА им. Л.Д.Шевякова совместно с Воронежским лесотехническим институтом, Курским и Днепропетровским сельскохозяйственным институтами, Московским почвенным институтом им. В.В.Докучаева, доказано, что рельеф и типы почв территории КМА позволяют вести горные работы без нарушения баланса земель, находящихся в сфере сельскохозяйственного использования. Ландшафтно-экологические исследования в различных регионах страны привели к признанию необходимости комплексного подхода к реконструкции и оптимизации техногенных ландшафтов.

Размещение вскрышных пород в оврагах и балках позволяет после проведения рекультивационных мероприятий улучшить структуру земельного фонда благодаря созданию новых плодородных площадей и повышению продуктивности эродированных участков, прилегающих к действующим горным предприятиям. Объем овражно-балочной сети, расположенной на удалении 5-10 км от горных предприятий КМА, составляет свыше 5 млрд. м³ (включая перспективный Чернянский ГОК).

Условия рекультивации гидроотвалов по сравнению с отвалами сухой вскрыши имеют как преимущества, так и недостатки. С одной стороны, геометрические формы намывных массивов, обусловленные особенностями технологии, не требуют больших планировочных работ, что значительно упрощает горнотехнический этап рекультивации. С другой стороны, при укладке в гидроотвалы тонкодисперсных, разжиженных грунтов формируются мощные намывные тощи, отличающиеся весьма низкой несущей способностью и слабой водоотдачей. Производство работ на поверхности таких массивов возможно лишь по истечении длительного времени или после выполнения специальных инженерных мероприятий. Главными мероприятиями при этом являются удаление воды из прудковой час-

ти гидроотвала и организация стока атмосферных осадков. Необходимо отметить, что это простое мероприятие зачастую игнорируется, чем задерживается последующее использование гидроотвальных площадей. Так, центральная зона гидроотвала № 1 Лебединского карьера, как и пруд-отстойник гидроотвала Михайловско карьера, в течение длительного периода находились в разжиженном недоступном для серийных машин состоянии, являясь емкостями для сбора атмосферных осадков и грунтовых вод.

Аналогичные затруднения могут встречаться также при освоении прудковых зон хвостохранилищ.

Большое народнохозяйственное значение имеет утилизация отвальных масс, являющихся своеобразными отходами горного производства. Белгородским технологическим институтом строительных материалов и другими организациями определена принципиальная возможность организации безотходного производства на базе минеральных ресурсов КМА.

Технологические возможности гидромеханизации вскрышных работ и строение осадочной толщи Старооскольской группы месторождений КМА позволяют не только раздельно разрабатывать и складировать различные по типам породы, но и попутно обогащать некоторые из них (промывка и классификация песчаных разностей, выделение скальных включений и др.). В частности, в опытном порядке Губкинским строительным управлением треста «Энергогидромеханизация» с помощью простейшего пульподелителя попутно с укладкой в гидроотвал вскрышных пород, представленных альбскими песками, намыто более 30 тыс. м³ песчаных разностей, используемых в качестве заполнителя бетона.

Законсервированные гидроотвалы карьеров КМА с учетом их местоположения, состава и несущей способности намывных грунтов, а также хозяйственных потребностей района следует использовать: № 1 Лебединского карьера после выполнения специальных инженерных мероприятий - для размещения склада песка завода силикатных изделий; № 2, состоящий преимущественно из песчаных пород, - как штабель песка для строительных целей; № 3 рекультивирован и превращен в опытный участок; гидроотвал «Симонова пасека» Стойленского карьера вошел в состав хвостохранилища Лебединского ГОКа (большая часть песчаных пород, слагающих упорную призму и промежуточную зону гидроотвала, вывезена и использована в строительных целях); гидроотвал Михайловского карьера после выполнения специальных инженерных мероприятий намечено занять железнодорожными отвалами.

Реализация намеченных мероприятий по дальнейшему использованию гидроотвальных площадей позволит несколько сократить изъятие новых земель для нужд промышленности и строительства.

Проектом Союзгипролесхоза установлены два направления использования рекультивируемой площади действующего гидроотвала «Березовый Лог»: сельскохозяйственное (поверхность гидроотвала) и лесохозяйственное (откосы и бермы упорной призмы).

Горнотехнический этап рекультивации включает: снятие, транспортирование и складирование гумусового слоя почв с площадей, занимаемых гидроотвалом; транспортирование и нанесение гумусового слоя почв мощностью 0,5 м на поверхность гидроотвала после окончания намывных работ; транспортирование и покрытие слоем лесовидных суглинков или чернозема мощностью 0,3 м откосов и берм упорной призмы гидроотвала; глубокос (1-2 м) перемешивание уложенных на упорной призме суглинков с подстилающими их песками.

Биологический этап рекультивации включает: фитомелиорацию почвенного слоя рекультивируемой поверхности посредством выращивания многолетних трав на протяжении 5 лет; закрепление откосов и берм упорной призмы многолетними травами с трехлетним периодом их выращивания.

Принципиальное значение имеет поэтапная рекультивация крупных гидроотвалов (рис. 1.44), предусматривающая одновременную укладку гидровскрыши и рекультивационные работы, выполняемые в различных секциях, ограниченных разделительными дренажными призмами.

На основе опыта проектирования, строительства и эксплуатации намывных горнотехнических сооружений в МГГУ разработана схема объединенного гидроотвального хозяйства, включающая складирование в гидроотвале «Балка Чуфичева» вскрышных пород объединенного карьера Лебединского горно-обогатительного комбината, рекультивацию гидроотвала «Березовый Лог», складирование хвостов обогатительных фабрик № 1 и 2 комбината «КМА-руда», а также золошлаков Губкинской ТЭЦ (рис. 1.45).

Предложенная технология предусматривает:

- консервацию ранее действующих хвостохранилищ и золоотвалов ТЭЦ путем замыва их поверхностей четвертичными суглинками;
- создание резервной емкости для самотечного сброса хвостов обогатительных фабрик и золошлаков ТЭЦ с последующим

напорным транспортированием этих материалов в гидроотвал «Березовый Лог» при помощи землесосного снаряда и перекачивающих станций;

- организацию сброса в резервную емкость с уровнем воды, поддерживаемым ниже уровня р. Осколец, недостаточно очищенных стоков шахтных вод, а также аварийных сбросов ТЭЦ, обогатительных фабрик и гидроотвала.

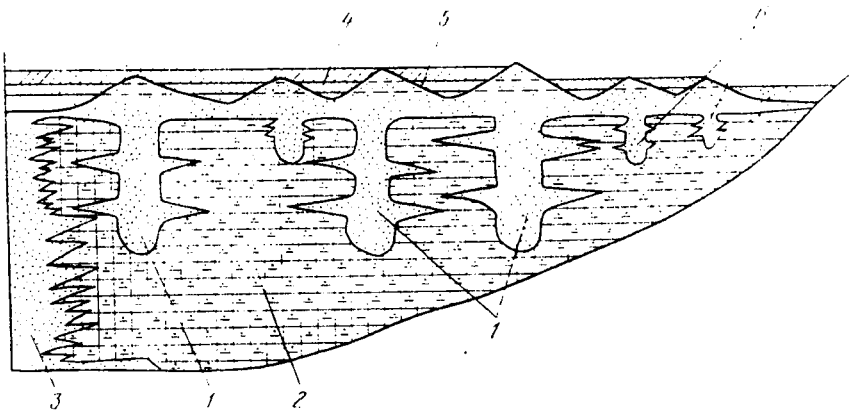


Рис. 1.44 Совмещение укладки гидровскрыши и рекультивационных работ:

1 - разделительные дренажные призмы; 2 - намывные тонкодисперсные грунты; 3 - упорная призма; 4 - намывной плодородный слой; 5 - защитный намывной слой суглинка на песчаной подушке; 6 - отсечные призмы (ограничивающие рекультивационные карты)

Достоинства новой схемы:

- отсутствие ветровой эрозии поверхности хвостохранилища и золоотвалов;
- прекращение загрязнения р. Осколец;
- отказ от забора воды из р. Осколец для нужд гидромеханизации в связи с дополнительным поступлением в гидроотвал около 2,8 тыс. м³/ч воды;

- возможность ускорения консолидации разжиженных масс ядерной зоны гидроотвала, что повышает вместимость хранилища и ускоряет рекультивацию его поверхности;
- возможность отказаться от резервного оборудования и трубопроводов;
- повышение уровня эксплуатации и надзора за сооружениями и оборудованием;
- эффективное пылеподавление без дополнительных затрат путем замыва поверхности гидроотвала слоем суглинка при выполнении горнотехнической рекультивации.

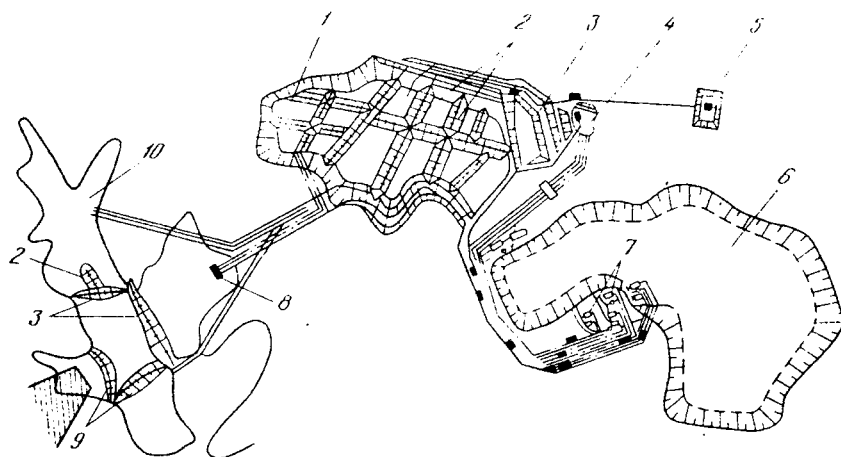


Рис. 1.45 Схема объединенного гидроотвального хозяйства:

1 - хвостохранилище комбината «КМАруда»; 2 - дренажные призмы; 3 - упорные призмы гидроотвала «Березовый Лог» и гидроотвала «Балка Чуфичева»; 4 - отстойник; 5 - резервная емкость; 6 - объединенный Лебединский карьер; 7 - гидровскрышные комплексы 20Р-11М; 8 - насосные станции 22НДС; 9 - защитные дамбы заповедника «Ямская степь»; 10 - гидроотвал меловых грунтов

В результате рекультивационных работ на откосах огораживающей дамбы гидроотвала подготовлено и сдано под лесопо-

садки 180 га. На бермах и откосах с углами наклона 8-12° посеяны многолетние травы (эспарцет, люцерна, овсяница).

Проект рекультивации внутренних зон гидроотвала «Березовый Лог», выполненный Украинским отделением Гидропроекта и «Гидромехпроектом», предусматривал намыв (тыс. м³) дренажных призм - 1900, фильтрующей подушки - 17200, защитного слоя из суглинков - 8700; укладку (отсыпку и намыв) чернозема - 400, а также предусматривалось ливнеотводной системы.

После разделения секций отсечными призмами на карты производили намыв фильтрующей подушки мощностью 3 м при помощи безэстакадного способа, используя в качестве материала пески (около 9 млн. м³) и отходы рудобогащения (более 8 млн. м³). Одновременно выполняли горнотехническую рекультивацию нескольких карт, в которых последовательно укладывали пористый штамп, защитный слой суглинка мощностью до 1 м и слой чернозема мощностью до 0,5 м. Очередность укладки чернозема и планировочных работ с применением колесной и гусеничной техники устанавливали на основе данных прогнозных расчетов несущей способности слоев тонкодисперсных грунтов и оперативного геомеханического контроля с применением аэрофотограмметрической съемки и комплексного зондирования.

С использованием результатов опытно-промышленных работ Ю.Н.Дьячковым и И.С.Булгаковым определены конструктивные и технологические параметры секционной подготовки гидроотвалов к рекультивации. Установлены зависимости между основными технологическими параметрами подготовительных работ: годовой производительностью гидровскрышных комплексов по тонкодисперсным грунтам и фильтрующим материалам, геометрическими размерами дренажных элементов и секций, скоростями формирования дренажных элементов и секций. Определены также зависимости изменения технологических параметров от числа секций, величины несомыва Δh гидроотвала при начале секционирования, высоты гидроотвала h_n в рассматриваемой точке и др.

В качестве основного критерия оценки параметров подготовки неконсолидированных намывных толщ принята сумма эксплуатационных и капитальных затрат с учетом фактора времени. В качестве граничного момента для отсчета времени рассматривали конечной год заполнения гидроотвала.

После обработки результатов расчетов основных элементов экономико-математической модели получены зависимости изменения затрат от основных технологических параметров.

На основе анализа полученных зависимостей изменения затрат по сумме эксплуатационных и капитальных затрат установлено следующее:

- увеличение числа секций для гидроотвалов площадью до 400 га (вместимость до 80 млн. м³) приводит к увеличению суммарных затрат, для гидроотвалов площадью более 300-400 га (вместимость более 100 млн. м³) суммарные затраты изменяются по параболической зависимости и имеют минимум при числе секций, равном 2-4;
- увеличение годовой производительности гидровскрешных комплексов приводит к снижению всех затрат;
- при постоянном числе карт и увеличении Δh суммарные затраты для гидроотвалов площадью 300-400 га увеличиваются, для гидроотвалов площадью более 400 га суммарные затраты изменяются по параболической зависимости и имеют минимум при $h_{я} = 6-12$ м.

Разработаны рекомендации по параметрам карьерных гидроотвалов для четырех действующих и перспективных ГОКов КМА: Лебединского, Стойленского, Губкинского и Чернянского.

Большое количество чернозема, укладываемого на поверхности гидроотвала «Березовый Лог» определило целесообразность использования средств гидромеханизации, при помощи которых разрабатывали (гидромониторно-землесосная установка 20Р-11М) близко расположенные навалы чернозема. Для нужд сельского хозяйства сдано около 700 га земель, засаженных многолетними травами. После окончания рекультивационных работ площадь пахотных земель составила 788 га, прирост - 328 га (было изъято 460 га пашни).

Проектные отметки заполнения гидроотвала принимали с учетом остаточной осадки S_p , т.е. разности между общей стабилизированной осадкой S_{∞} и осадкой на момент завершения намыва

$$S_p = S_{\infty} (1-U).$$

Продолжительность периода стабилизации осадок для намываемых массивов значительно больше, чем для отвальных насыпей из подобных грунтов. Наиболее интенсивная осадка отвальных насыпей ($S_{\infty} \geq 0,8S$) происходит в первые два года после их формирования. Поэтому считается целесообразным окончательную планировку по-

верхности отвала осуществлять через два года с последующим нанесением почвенного слоя. Для прогноза уплотнения отвальных насыпей преимущественно используют эмпирические данные. Рекультивационные работы на поверхности намывных массивов, в пределах которых созданы дренажные элементы, можно начинать сразу после намыва сооружений до проектных отметок. Окончательный контур поверхности внутренних зон следует принимать с учетом остаточных осадков, надежно определяемых расчетным путем, и необходимых для обеспечения поверхностного стока уклонов. Организацию поверхностного стока осуществляют также при помощи вертикальных водосборных колодцев, ливнестоков, перепадов и т.д.

Для гидроотвала Лебединского ГОКа в «Балке Чуфичева» анализ расчетных и натурных данных об уплотняемости массива намывных меловых грунтов показал, что требуемая несущая способность намывного массива ($P_{дон} = 0,15$ МПа) обеспечивается созданием песчаных дренажных призм и отсечных дренажных дамб. Поэтому создание фильтрующей подушки целесообразно. Формирование дренажных призм объемом до 600 тыс. м³ на одну секцию гидроотвала в «Балке Чуфичева» (т.е. в объеме перемыва с учетом остаточных осадков) обеспечивает возможность эффективной укладки суглинка и беспрепятственного производства рекультивационных работ.

Для сокращения сроков отчуждения земель в пределах гидроотвала выделено три секции, в которых складирование гидровскрыши и рекультивацию осуществляют поэтапно. При этом учитывают площадь и ценность изъятых земель, длительность отчуждения, ценность и площадь рекультивационных территорий.

Профиль рекультивационного яруса должен обеспечить перехват сточных вод с прилегающих территорий, а также исключить образование застойных зон и смыв плодородного слоя. Согласно расчетам, требуемый уклон поверхности $0 < i < 3^\circ$.

Уклон пляжа намыва суглинка 1:200-1:300 (12-18°). При средней ширине гидроотвала 750 м высота перемыва составит 1,875 м с учетом укладки защитного слоя из суглинка от дренажной призмы к естественной поверхности. Увеличение объема гидроотвала в третьей секции гидроотвала «Балка Чуфичева» с учетом остаточных осадков и требований к формированию восстановленной поверхности составит около 2 млн. м³. После стабилизации осадки намывной толщи ($S_p \leq 0,3$ м) уклон поверхности составит $i = 0,0045$ (1:220).

Рассмотрим порядок работ по горнотехнической рекультивации гидроотвала «Балка Чуфичева»:

- в верхней части балки создают емкости для аккумуляции ливневых и паводковых вод с прилегающих территорий путем возведения отсечных дренажных дамб. При откачке воды для полива полей создается напор, равный разности отметок воды в гидроотвале и емкости, значительно сокращается путь горизонтальной фильтрации воды из ядерной зоны гидроотвала и форсируется процесс консолидации намывных тонкодисперсных толщ (см. рис. 1.42);
- от упорной призмы к отсечным дамбам пионерно-торцевым способом намывают дренажную призму, которая является основным фильтрующим элементом, связывающим упорную призму и ядерную часть гидроотвала;
- намывают по односторонней схеме намыва пляжные откосы по периметру гидроотвала;
- строят водосборные каналы для перехвата и пропуска сточных вод с прилегающих территорий и водорегулирующие устройства;
- намывают разделительные дамбы;
- намывают с дренажной призмы защитный слой суглинка, осветленную воду сбрасывают в прудок-аккумулятор и через водосборные каналы во внешнюю накопительную часть;
- укладывают чернозем.

Технология формирования гидроотвала «Балка Чуфичева» позволяет создавать территории с горизонтальной планировкой на месте малопригодных овражно-балочных участков, что обеспечивает вовлечение в сельскохозяйственную сферу дополнительные площади. После завершения рекультивации площадь плодородных земель составит 493 га, что на 249 га больше первоначально изъятой площади. Таким образом, вся занятая гидроотвалом площадь становится пригодной для сельскохозяйственного использования.

Принципиальные технологические схемы подготовки территорий заполненных и действующих гидроотвалов для последующего использования разработаны в МГГУ применительно к условиям намывных объектов Семилукского огнеупорного завода. Предварительная оценка состояния и свойств намывных масс произведена методом инженерно-геологических аналогий. Для гидроотвалов карьера «Стрелица» приняты характеристики глини-

сто-меловых масс одного из геологических подучастков гидроотвала «Березовый Лог».

С учетом формирования мульд оседания при «пассивном отдыхе» равномерная засыпка поверхности гидроотвалов слоем суглинка представляется нецелесообразной. Установлено, что мощность слоя насыпных суглинков следует изменять от максимальной над зоной с наибольшей мощностью тонкодисперсных намывных грунтов до минимальной в пределах пляжной зоны.

При таком подходе возможно сокращение объемов насыпных суглинков примерно на 30% (и соответственно затрат на их транспортирование). Наибольший интерес в отношении рекультивации представляют гидроотвалы № 4, 6, 7 и 8 карьера «Стрелица» и № 5, 6 карьера «Ендов Лог». Для ускорения возврата земель в сельскохозяйственный оборот предложено произвести рекультивацию гидроотвалов комбинированным способом, предусматривающим:

- рекультивацию периферийной зоны, включая пляжную часть, с применением колесных и гусеничных механизмов, так как в этом случае не требуется «отдых» для начала сельскохозяйственных работ;
- подготовку и рекультивацию обладающей низкой несущей способностью и нуждающейся в длительном отдыхе центральной прудковой зоны с использованием средств гидромеханизации для намыва песчаных дренажных элементов (сброс воды и мелких частиц грунта производят через шандорные колодцы или с применением плавучей землесосной станции)).

Наиболее представительные исследования технологии нанесения на поверхность гидроотвалов плодородного слоя с применением средств гидромеханизации (земснарядов и гидромониторов) выполнялись в НИИКМА (Б.А. Симкин, А.М. Бабец, В.И. Титовский). Анализ результатов опытных намывов показал следующее:

- данная технология рекультивации рациональна только для горизонтальных участков;
- при разработке грунтов плавучими земснарядами для получения плотной консистенции пульпы заборное устройство необходимо оснащать специальными фрезами или механическими рыхлителями;

- снижение фракционирования намывных грунтов может быть достигнуто путем рассредоточения выпусков при кольцевом или встречном способе намыва;
- параметры агробиологических свойств свидетельствуют о пригодности намытого чернозема к биологическому освоению, за исключением пляжной зоны, сложенной песчаными фракциями, выпавшими из черноземной пульпы.

С учетом отмеченных недостатков традиционной технологии рекультивации средствами гидромеханизации проведены эксперименты по получению плотных пульп из плодородного грунта и воды в смесительной установке. Установлено, что создание густых пульп исключает большинство недостатков намыва и способствует формированию удовлетворительных физико-механических и агробиологических свойств плодородной пульпы. Шаг передвижки трубопроводов при рекультивации плотными пульпами определяют в зависимости от дальности растекания пульпы, ее консистенции и уклона поверхности участка производства работ.

Объем планировочных работ при рекультивации плотными пульпами оценивается 12% общего объема намытого грунта. Промышленному внедрению этой перспективной технологии рекультивационных работ препятствует отсутствие надежных способов сгущения гидросмеси.

Использование технологии формирования намывных массивов, обеспечивающей форсирование консолидации тонкодисперсных грунтов в ходе рекультивационных работ практически одновременно с завершением укладки гидровскрыши, позволяет получить экономический эффект от ускоренного ввода в сельскохозяйственную сферу рекультивированных земель внутренних зон гидроотвалов.

МГГУ совместно с трестом «Энергогидромеханизация» выполнено геоморфологическое и инженерно-геологическое обоснование техногенного рельефа и составлен проект рекультивации гидроотвала № 1 разреза «Моховский» (на р. Еловка) с помощью автономного земснаряда. Проект предусматривает выполнение экологических требований по ассимиляции возрожденного рельефа с естественным. Выполненная по заявке концерна «Кузбасскарьеруголь» работа включала определение уклонов поверхностей балок и долин, расчет параметров каналов для восстановления притоков и русла р. Еловка, инженерно-геологическое районирование намывной территории. Проект сельскохозяйственной рекультивации гидроотвала № 1 предусматривал создание водосборного канала по продольной оси гидроотвала. Намыв гидроотвала,

законченный в 1986 г., производили как от дамбы, так и с верховьев, в результате чего в трех рукавах (логах) сформировались прудковые зоны. В соответствии с проектом рекультивации вода оттесняется из этих логов путем намыва в них грунта, взятого из центральной части гидроотвала при сооружении канала земснаряда. МГГУ определены конечные отметки гидроотвала с учетом перепада для создания слабовыпуклого рельефа и произведена оценка несущей способности намывного массива во времени. Таким образом, использование проекта создаст условия ускоренной рекультивации территории площадью свыше 200 га.

На крупных гидроотвалах и хвостохранилищах значительную часть их площади занимают откосные сооружения, подлесающие лесной рекультивации. Вопросы лесной рекультивации отвалов в бассейне КМА детально изучены коллективом сотрудников Воронежского лесотехнического института под руководством И.В. Трещевского. С учетом лесорастительных условий преобладающих горных пород рекомендуется создавать древесные насаждения следующих категорий:

- на откосах всех отвалов крутизной более 8° - только противоэрозионные насаждения;
- на поверхности и пологих склонах суглинистых и глинистых отвалов при площади поверхности до 50 га - насаждения общего хозяйственного назначения;
- на поверхности и пологих склонах суглинистых и глинистых отвалов при площади поверхности более 50 га - насаждения общего хозяйственного назначения или систему полезащитных лесных полос в случае сельскохозяйственного освоения отвалов;
- на поверхности и пологих склонах меловых, песчаных, песчано-меловых и меломергельных отвалов при площади поверхности до 50 га - противоэрозионные насаждения;
- на поверхности и пологих склонах меловых, песчаных песчано-меловых и меломергельных отвалов при площади поверхности более 50 га - противоэрозионные насаждения или систему полезащитных лесных полос после землевания и сельскохозяйственного освоения;

- при расположении отвалов в зоне городов и населенных пунктов - лесопарковые и парковые насаждения независимо от состава горных пород.

Основными факторами, определяющими типы лесных культур, являются состав горных пород в отвальных землях и назначение выращиваемых насаждений. На типы и технологию выращивания лесных культур оказывают влияние срок выветривания горных пород, элементы рельефа, а также климатические, биологические условия и особенности древесно-кустарниковых растений. Для преобладающих горных пород и отдельных грунтосмесей Воронежским лесотехническим институтом определен ассортимент древесно-кустарниковых пород широкого и ограниченного использования. Однако выбор основной породы и способ выращивания лесных культур рекомендуется осуществлять с учетом целевого назначения насаждений.

На отвальных породах и технических смесях, по сравнению с зональными почвами в первые годы жизни отмечен резко притупленный рост всех древесных и кустарниковых растений. В дальнейшем интенсивность роста культур увеличивается, но все-таки остается низкой. По энергии роста на отвальных землях древесно-кустарниковые породы делятся на три группы: слабого, среднего и более интенсивного роста. Слабую энергию роста имеют обыкновенная ель, сибирская лиственница, зеленый ясень, душистый жасмин и падуболистная магнолия. Средняя энергия роста характерна для мелколистного вяза, ясенелистного и остролистного клена, обыкновенной сосны, яблони, груши, обыкновенной рябины, обыкновенной черемухи, плакучей и серой ивы, терна, лещины, калинолистного пузыреплодника, татарской жимолости, малины. К породам более интенсивного роста отнесены белая и желтая акация, тополя, крушиновая облепиха, узколистный лох, бородавчатая береза, серая ольха, белая ива, золотистая смородина и красная бузина.

На всех горных породах лучшие результаты по приживаемости и росту дают крушиновая облепиха, белая акация, серая ольха, узколистный лох, желтая акация и при хорошем увлажнении - тополь и белая ива. Этот ассортимент может быть расширен с учетом свойств отдельных пород.

Воронежским лесотехническим институтом разработана также методика определения экономической эффективности лесной рекультивации, предусматривающая оценку ущерба от ведения горных работ, капиталовложений на рекультивацию, снижение

ущерба от лесоразведения и суммарного эффекта от лесных насаждений.

Откосные сооружения доступны для производства рекультивационных работ практически с начала эксплуатации намывных сооружений. Заблаговременная посадка деревьев и кустарников на откосах и площадках упорных призм позволяет резко снизить поступление пыли с намывных территорий, что существенно улучшает санитарно-гигиенические условия прилегающих площадей.

При обосновании мероприятий по повышению вместимости и ускоренному восстановлению территорий гидроотвалов необходимо:

- выполнить инженерно-геологическое районирование территорий гидроотвалов;
- определить допустимые геометрические размеры упорных призм с учетом взаимосвязи между динамикой формирования намывных массивов тонкодисперсных пород и параметрами конструктивных элементов откосных сооружений;
- установить область развития действующего гидроотвала с учетом изменения затрат на гидроотвалообразование в зависимости от времени функционирования гидроотвала (и соответственно его высоты и скорости намыва) и затрат на транспортирование гидросмеси (с использованием динамической экономико-математической модели);
- установить период горнотехнической рекультивации гидроотвалов на основе сопоставления затрат в зависимости от продолжительности «отдыха» намывных толщ для вариантов отсутствия и проведения мероприятий по форсированию консолидации массивов тонкодисперсных пород.

Важнейшим природоохранным мероприятием на хвостохранилищах является закрепление их пылящей поверхности биологическим, химическим, аэродинамическим, гидротехническим, технологическим или механическим способами.

При создании растительного покрова на поверхности хвостохранилищ (биологический способ)) затраты на восстановление в зависимости от дальности перевозки почвенной массы и вида транспорта изменяются в широких пределах. Стоимостные показатели восстановительных работ достигают минимальных значений при использовании средств гидромеханизации для доставки грунтов за-

щитного слоя и почвенной массы. Интересен опыт восстановления сухих пляжей хвостохранилищ комбината «КМАруда» путем покрытия намывным суглинком из пород вскрыши Лебединского карьера. Для пылеподавления на намывных объектах КМА применяют следующий комплекс мероприятий: подводный намыв подверженных ветровой эрозии материалов под защитой ограждающих дамб; поддержание поверхности намыва в смоченном состоянии посредством систематической смены мест выпуска пульпы; покрытие пылящей поверхности слоем глинистой пульпы; посев трав и посадка кустарников.

Химическая стабилизация получила наибольшее распространение на предприятиях цветной металлургии. При использовании этого способа обрабатывают намывной материал вяжущими веществами для создания на поверхности хвостохранилища пленок или корок, препятствующих сдуванию пыли. Недостатком вяжущих реагентов (кохерекса, нерозина, битумной эмульсии и др.) является опасность загрязнения поверхностных и подземных вод.

При рассмотрении вопросов рекультивации хвостохранилищ Г.М.Ритси выделяет операционную, переходную и долгосрочную стадии. Первая стадия включает в себя целенаправленную подачу гидросмеси, контроль фильтрационных процессов, обеспечение безопасности. Вторая - относится к моменту завершения эксплуатации предприятия или обогатительной фабрики и переходу на консервацию. В течение третьей стадии происходит переход от механической системы к природной, и хвостохранилище приобретает новое качество.

Выбор метода покрытия отходов обогащения зависит от целевого назначения восстанавливаемой территории и стоимости работ, обеспечивающих долговременное использование покрова, и определяется климатическими условиями, топографией, минеральными и химическими составами хвостов, доступностью и стоимостью материала, а также продолжительностью и стоимостью эксплуатации. К наилучшим вариантам на основании детального анализа Г.М.Ритси относит покровы самогенерируемый (природный) и создаваемый при помощи геополимеров. При этом, по его мнению, обеспечиваются наименьшие затраты и удовлетворяются требования по долговременной охране окружающей среды.

Обобщение опыта стабилизации и рекультивации хвостохранилищ обогатительных фабрик за рубежом позволило З.А.Тажнянской сделать следующие выводы:

1. В США, Канаде, ЮАР и других странах в целях охраны окружающей среды от загрязнения в промышленных условиях

проводят работы по закреплению поверхности хвостохранилищ с применением физических, химических и вегетативных способов или их комбинаций.

2. При проведении работ по химическому закреплению хвостохранилищ наиболее эффективными стабилизаторами признаны кохерекс (смесь нефтяных масел и смол)), лигносульфаты кальция, аммония и натрия, жидкое стекло в смеси с хлористым кальцием, неопреновая эмульсия, резоль (органический полимер) и пенепрайм (продукт на основе битума). При применении данных реагентов поверхность хвостохранилища в течение нескольких лет становится устойчивой как против ветровой, так и водной эрозии.

3. Большое значение за рубежом придается вегетативной стабилизации, которая наряду с закреплением поверхности хвостохранилищ дает возможность улучшить ландшафт местности, а иногда и получить урожай зерновых культур и кормовых трав. В США, Канаде и других странах показана возможность успешного выращивания ржи, озимого ячменя, клевера, люцерны, люпина и бобовых растений на хвостах медных и свинцово-цинковых фабрик. Некоторые из этих растений развивают хорошую корневую систему, что позволяет выращивать кустарники и деревья.

4. Для улучшения химического состава хвостов при выращивании растительности на них наносят слой почвы или вводят удобрения.

Горным бюро США установлено, что для всех хвостов требуются добавки азота и фосфата в количестве соответственно 16,5 и 41,5 кг/га, а для некоторых и калия - 22 кг/га. Эффективным является внесение в хвосты шлама бытовых сточных вод из расчета 60-325 кг/га, а также окомкование верхнего слоя хвостов.

5. При вегетативной стабилизации для улучшения роста растений на некоторых хвостохранилищах применяют орошение, которое одновременно обеспечивает вымывание из хвостов токсичных ионов тяжелых металлов.

6. Для экономии расхода воды на орошение при озеленении хвостохранилищ в США разработана и используется в промышленном масштабе система капельного орошения, позволяющая снизить на 90% расход воды по сравнению с дождеванием.

7. При озеленении хвостохранилищ в качестве меры по предотвращению засыпки молодых растений песками и их поломки наряду с гидропосевом и орошением эффективной оказалась химико-вегетативная стабилизация, предусматривающая обработку поверхности хвостовых отвалов химическими реагентами после посева

растений. Некоторые химические стабилизаторы (кохерекс, сой-гард и др.) не только не задерживают всхожесть семян, но даже стимулируют развитие растительности.

8. Себестоимость стабилизации хвостохранилищ в зависимости от применяемых способов изменяется в широких пределах.

Интересен опыт ускоренного повышения плодородия грунтов, укладываемых в хвостохранилища Подмосковского ПО «Фосфаты», где их общая площадь составляет около тысячи га. Рекультивационный слой мощностью 0,5 м состоит из глауконитовых песков, применение которых также перспективно в качестве минерального удобрения медленного действия. Проведенные на хвостохранилище полевые опыты включали в себя подбор культур, пригодных для фитомелиорации, подбор дозировки минеральных удобрений, опробование способов улучшения режима влажности в поверхностном слое.

Для возделывания были выбраны районированные культуры гороха, люпина, люцерны, а также песчаного эспарцета. Подбор культур определялся низкой водоудерживающей способностью пород и почти полным отсутствием органики и азота. Указанные культуры засухоустойчивы, неприхотливы, обладают мощной корневой системой и способствуют накоплению азота в почвах. Нормы посева, глубина заделки семян, способ внесения удобрений соответствовали агрохимическим требованиям Нечерноземной зоны.

Для ускорения восполнения дефицита азота в корнесобитасом слое, улучшения условий усвоения его растениями, активизации их жизнедеятельности часть семян возделываемых сельскохозяйственных культур обрабатывали штаммами азотфиксирующих клубеньковых бактерий - нитрагина.

Для структурирования, предотвращения эрозии и испарения влаги, улучшения влагонакопления в поверхностном слое пород применяли полимерные композиции и растворы жидкого стекла. На выделенных делянках эти вяжущие материалы вносили на глубину 30-40 см, а также совместно - на поверхность и на указанную глубину.

В результате четырехлетних полевых экспериментов установлено:

- наиболее эффективной сельскохозяйственной культурой с позиции фитомелиорации, закрепления поверхности и урожайности является люцерна;

- оптимально применение минеральных удобрений в первые годы произрастания в сочетании N₁₀₀, P₁₀₀, K₁₀₀ действующего вещества;
- эффективна нитрагинизация семян, которая способствует развитию растений, существенно компенсирует дефицит азотных удобрений;
- применение вяжущих материалов, особенно при внесении их на глубину пахотного слоя, способствует улучшению влагонакопления и повышению урожайности.

Промышленное использование биологического закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ производилось на хвостохранилище Центрального ГОКа (Кривбасс), расположенного в балке «Лозоватка» в 3 км от фабрики и 5 км от жилого массива. Площадь хвостохранилища 1652 га; общий объем 210,2 млн.м³; заскладировано 185,7 млн.м³.

Хвосты обогащения представляют собой рыхлый песчаный материал, содержащий кварцит, хлорит, доломит, магнетит, гематит и другие минералы. Химическую основу хвостов составляют: SiO₂ (64-77%), Fe₂O₃ (8,9-19,7%), FeO (3,9-12,1%), Al₂O₃ (0,7-2,4%), MgO (0,2-2,7%) и ряд других соединений.

В хвостах содержится повышенное количество песчаных частиц (88,5%) и незначительное «физической глины» (до 5%). Низкое содержание глинистых, илстых и коллоидных частиц отрицательно сказывается на водно-физических свойствах хвостов. Им свойственны высокая водопроницаемость, низкая поглотительная способность и влагосмкость (20-25%); плотность минеральных частиц песков составляет 2,94-3,41 г/см³.

Содержание аммиачного азота в хвостах не превышает 1,16 мг на 100 г сухого субстрата, очень мало нитратов, подвижного калия и фосфора, полностью отсутствуют гумусовые вещества.

Для создания растительного покрова Криворожским отделением Донецкого ботанического сада АН Украины рекомендованы тростник южный и колосняк черноморский.

Тростник южный - многолетний корневищный злак с мощными длинными подземными побегам, стебли прямые от 25 см до 9 м, толщиной 1,5 см, облиственные до верха. Растение морозоустойчивое, хорошо выносит значительное засоление, нетребовательно к почве, способно выдерживать длительное затопление и кислотность почвы от pH 3,6 до 8,6. Тростник поглощает из воды

и почвы значительное количество питательных, балластных и токсичных веществ.

На хвостохранилище тростник достигает 3,5 м высоты. В старых зарослях тростника густота побегов достигает 300-500 шт, на 1 м², в молодых - 50-300 шт. Сухие стебли растений уменьшают скорость ветра, задерживают и накапливают снежный покров, тем самым снижают пыление шламов в зимний период.

Тростник южный целесообразно применять для закрепления пляжной зоны хвостохранилищ с залеганием грунтовых вод до 3 м.

Колосняк черноморский - многолетний корневищный злак высотой до 150 см. Корневище длинное, ползучее, корни проникают на глубину 1 м. Необходимым условием создания травяного покрова из колосняка является внесение в хвосты перед посевом больших доз минеральных удобрений N₁₄₀, P₈₀, K₄₀. За первый год колосняк достигает 50-60 см высоты и насчитывает 3-5 вегетативных побегов, за второй год достигает 100 см высоты и имеет около 50 вегетативных побегов. Со второго года колосняк интенсивно образует подземные корневища, распространяемые на 50 см от материнского растения. Колосняк черноморский целесообразно и экономически выгодно применять для закрепления сухих, пылящих участков.

Важной природоохранной проблемой является разработка эффективных мер по пылеподавлению на золоотвалах.

Ежегодные объемы выхода золошлаков при эксплуатации теплоэлектростанций исчисляются десятками миллионов кубических метров. Складирование таких объемов дисперсного материала приводит к интенсивному запылению значительной площади и вызывает резкое ухудшение окружающего ландшафта (загрязнение воздушного бассейна продуктами дефляции золоотвалов).

На базе Экибастузского месторождения предусмотрено строительство электростанций, при эксплуатации которых ежегодные объемы золошлаков составят около 50 млн.м³. Складирование золы предусмотрено в естественном понижении рельефа у оз. Карасор с перспективной площадью 240 км² и объемом 3 млрд. м³. Золоотвалы для складирования таких объемов золошлаков, подверженных сильному пылению при одновременном дефиците водного баланса в отечественной практике не формировались.

Предотвращение пыления золоотвалов возможно различными путями, однако каждый из них требует проведения исследований с целью определения его надежности и эффективности. Метод, разработанный ВНИИГ им. Веденеева, заключается в периодическом закреплении поверхности намытого массива золошлаков путем

разбрызгивания эмульсии латекса и битума или мазута с вертолета. Однако этот метод непригоден для реальных условий экибастузских золоотвалов по причине высокой удельной стоимости при значительных объемах закрепительных работ, а также невысокой прочности закрепленной поверхности.

Более надежным является способ пылеподавления, предусматривающий подмешивание глинистой или илистой суспензии к золошлаковой массе.

Применительно к условиям карьеров, где формируются хребтовидные (конические) отвалы, МГГУ предложена схема объемного отвального хозяйства, предусматривающая использование намывных отходов обогащения для горнотехнической рекультивации отвальных насыпей путем выполнения следующих операций:

- создания дамб обвалования в пределах отвального массива и соответственно карт намыва;
- сравнивания внутри карты намыва каждого отвального гребня с одной стороны до уровня одной из дамб обвалования и образования прорана с другой стороны, причем прораны соседних гребней создают с противоположных сторон;
- устройства колодца в последней от выпуска пульпы межгребневой зоне намыва со стороны, противоположной прорану;
- монтажа магистрального и рабочего пульповодов;
- укладки намывного материала в межгребневом пространстве карты с перемещением выпуска рабочего пульповода вдоль склации (межгребневой зоны) по мере достижения проектных отметок заполнения;
- планировки остаточных породных конусов над намытой поверхностью или укладки почвенного слоя (в зависимости от направлений использования восстановленной территории).

Размеры карт определяют из условия освещения воды при движении пульпы. Одновременно на нескольких картах целесообразно производить различные виды работ: подготовку к складированию, укладку намывного материала, планировку поверхности отвала.

По сравнению со способом переформирования конических и хребтовидных отвалов посредством намыва хвостов обогащения новый способ обладает следующими основными достоинствами: удли-

няется путь фильтрации воды благодаря зигзагообразному движению пульпы; обеспечивается равномерное фракционирование замывного массива в пределах секций; сокращаются сроки и затраты на подготовку поверхности отвалов для последующего использования.

Рассмотренная технология принята для внедрения на Вяземском горно-обогатительном комбинате, где отходы обогащения песчано-гравийной массы (глинистые пески) намечено складировать в межгребневом пространстве сложенных четвертичными суглинками внутренних отвалов с целью подготовки для лесохозяйственного использования территории площадью более 300 га. Использование отходов обогащения позволяет исключить отвод новых земельных площадей для хвостохранилища. При этом также существенно снижаются затраты на рекультивацию отвалов и сроки выполнения этих работ.

Применение средств гидромеханизации для пылеподавления и рекультивации гидроотвалов и хвостохранилищ обеспечивает предотвращение загрязнения воздушного бассейна, уменьшение затрат на горнотехническую рекультивацию, сокращение сроков восстановления намывных территорий, вовлечение в сферу сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования дополнительных по отношению к первоначальным отводам площадей.

1. Общие сведения

В структуре горно-обогатительного производства техногенные массивы (отвалы, хвостохранилища) представляют собой:

- с точки зрения их назначения - геотехнические системы, эффективность и надежность функционирования которых обусловлены степенью адекватности геологических условий и инженерно-технических параметров объекта;
- с экологических позиций - локальные, значительной масштабности пространственные источники длительного негативного воздействия на окружающую среду, для которых характерно дифференцированное влияние на состояние всех элементов биосферы (недра, воздушный и водный бассейны, земную поверхность, флору и фауну);
- с геолого-промышленных позиций - вторичные минеральные ресурсы, требующие оценки для их комплексного использования и утилизации.

Указанные особенности техногенных массивов определяют следующие основные задачи, решаемые при их геоэкологической оценке;

- получение комплекса геомеханических характеристик состава и свойств отходов для прогнозирования надежности и управления состоянием массива;
- установление ресурсной ценности горнопромышленных отходов как источника вторичного минерального сырья на основе изучения пространственно-качественной структуры объекта;
- получение характеристик состава горнопромышленных отходов как источника пылевыведения и установление зон и площадей пыления;
- изучение токсичности отходов как субстрата растительных компонентов при рекультивации, а также как источника загрязнения подземных и поверхностных вод;

- установление объема и состава вод хвостохранилищ как источника оборотного водоснабжения, а также загрязнения окружающей среды;
- установление параметров отходов, характеризующих их способность к самовозгоранию и загрязнению окружающей среды газообразными продуктами горения.

Такая многоаспектная оценка горнопромышленных отходов позволит получить систему математических и графических моделей пространственного размещения (модели геометризации) геоэкологических параметров для комплексного прогнозирования (в пространстве и времени) процессов вредного воздействия техногенных массивов на окружающую среду, а также разрабатывать технологии и средства предупреждения их отрицательного влияния.

При экологической оценке горнопромышленных отходов особую сложность представляет определение их ресурсной ценности. Изучение отходов горно-обогатительного производства в этом случае должно учитывать место их образования в технологических стадиях добычи, рудоподготовки или обогащения. В соответствии с указанным требованием можно выделить две группы отходов по общности технологических стадий образования. Первую - составляют попутные продукты добычи (вскрышные породы), извлекаемые при выемке основного полезного ископаемого, и отвальные продукты рудоподготовки. Вторую группу представляют отходы переработки полезных ископаемых (хвосты обогатительных фабрик). Отходы первой группы прямо соотносятся с первичным минеральным сырьем, отличаясь только агрегатным состоянием. При оценке отходов хвостохранилищ обогатительных фабрик необходимо учитывать степень нарушения минерально-агрегатной основы полезных ископаемых, что определяется технологическими особенностями процессов переработки.

Специфика горнопромышленных отходов предопределяет цели и задачи их геоэкологической оценки. При этом общей научно-методической основой является необходимость установления такой системы оценок, которая, учитывая особенности горнопромышленных отходов как ресурсов, одновременно позволяла бы сопоставлять их по основному комплексу показателей с источниками первичного сырья - месторождениями полезных ископаемых для решения задач рационального природопользования. Следует обратить внимание на неоднозначность понятий «отходы» и «вторичные минеральные ресурсы». Ресурсная ценность горнопромышленных отходов определяется совокупностью геотехнологических объемно-качест-

венных и экономических параметров, позволяющих установить возможность эффективного промышленного использования отходов при существующем уровне развития технологии их переработки с наименьшим экологическим ущербом для окружающей среды. Возможны различные варианты направлений использования отходов:

- частичная замена первичного минерального сырья при условии доизвлечения полезных ископаемых;
- прямая замена традиционного (первичного) сырья отходами, связанная с идентичностью основных их свойств (утилизация отходов);
- возвратное использование отходов в рамках данного целевого производства на основе более эффективной техники и технологии с целью получения новых видов продукции.

Указанные особенности направлений использования горнопромышленных отходов определяют неадекватность экономической оценки эффективности их переработки с учетом специфики и различий уровня информационного обеспечения. Особое значение имеет уровень информационного обеспечения при геоэкологической оценке «лежалых» хвостов обогатительных фабрик. При разведке и опробовании таких техногенных массивов необходимо учитывать как значительные физико-химические изменения минеральных комплексов, связанные с окислением и разложением отдельных групп минералов, так и наличие анизотропии состава и свойств отходов в связи с различиями технологии формирования хвостохранилищ, а также длительностью накопления хвостов от переработки руд разнообразных природных и технологических типов.

Особое значение имеет систематизация знаний о техногенных месторождениях, направленная, прежде всего, на повышение эффективности использования ресурсов техногенного минерального сырья. Поэтому главным признаком в классификации подобных объектов является принцип формирования, по которому выделяют две основные категории техногенных месторождений, созданные без учета последующего освоения и с оптимальными параметрами. Первые формировались на основе традиционных требований к складированию отходов производства без учета возможности разработки в будущем в условиях совершенствования горно-обогатительной технологии. Вторые, спроектированные с учетом качества сырья, технологии будущей разработки и изменения конъюнктурных условий, формируются целенаправленно с обоснованием оптимальных параметров (формы, размеров, внутреннего строения, местоположения, качества техногенного сырья).

В качестве примера рассмотрим классификацию техногенных объектов массивов, предложенную К.Н.Трубецким. Классификация построена с учетом иерархической значимости классификационных признаков. По признакам первого рода выделяются следующие таксонометрические единицы: группы, подгруппы, типы, классы и подклассы.

По признакам второго рода - виды. При этом деление техногенных месторождений на группы осуществляется по происхождению техногенных ресурсов, на подгруппы - по источнику образования. Типы техногенных месторождений соответствуют исторически сложившимся названиям хранилищ отходов горно-обогатительного и металлургического производства. Деление на классы производится по признаку наличия полезного компонента в техногенном минеральном сырье, на подклассы - по направлению использования техногенных запасов. Выделение видов осуществляется по признакам, характеризующим техногенное месторождение с точки зрения возможной технологии его комплексного освоения. Предельные значения показателей для каждого признака приняты из анализа существующих техногенных массивов и по аналогии с природными месторождениями.

Приведем принятые в настоящее время основные термины, характеризующие техногенные массивы.

Техногенные образования или объекты (минеральные) — скопление минеральных веществ на поверхности земли или в горных выработках, образовавшееся в результате отделения их от массива и складирования в виде отходов горного, обогатительного и металлургического производств.

Техногенные месторождения (ТМ) - техногенные образования, по количеству и качеству содержащегося минерального сырья пригодные для эффективного использования в сфере материального производства в настоящее время или в будущем (по мере развития науки и техники).

Техногенная залежь - условно выделенное в пространстве скопление техногенного сырья, отвечающее требованиям промышленности и непрерывное по своим свойствам.

Техногенные минеральные ресурсы - совокупность запасов техногенного минерального сырья, содержащегося в отходах горно-обогатительного и металлургического производства, в пределах какого-либо региона или страны в целом.

Большинство техногенных ресурсов следует рассматривать как особую категорию общественно полезных ресурсов, которые имеют

территориальное значение для решения задач интенсификации промышленного производства. Поэтому необходимо оценивать формирующиеся техногенные образования прежде всего по сырьевым критериям, учитывающим ресурсную ценность так называемых отходов.

Особое место среди техногенных месторождений занимают хвостохранилища (гидроотвалы), представляющие собой естественные классификаторы отходов обогащения по крупности и массе частиц мелкодисперсного материала. По этой причине, а также в результате процессов окисления, выщелачивания и миграции происходит образование обогащенных полезными компонентами зон техногенных залежей. Выделение и геометризация таких залежей в процессе разведочных работ позволит в 1,5-2 раза повысить содержание полезных компонентов по сравнению с общей массой накопленных отходов. Отсюда следует вывод о необходимости раздельного технологического опробования материала из таких зон, а при положительной технико-экономической оценке - их селективной выемки и переработки.

Разнообразие видов техногенных месторождений по технологическим признакам предопределяет возможность использования для их разработки не только традиционной экскаваторной выемки и автотранспорта, но и геотехнологических методов добычи, а также гидродобычи, комбинированных способов, различных видов транспортирования материала к перерабатывающим комплексам.

Особой категорией выступают целенаправленно сформированные техногенные месторождения (в том числе и подземные) с оптимальными параметрами, которые несут ресурсосберегающую и природоохранную функции. Здесь следует отметить необходимость учета возможности управления внутренним строением и качеством складированного материала не только отвального типа, но и гидроотвалов, хвосто- и шламоохранилищ. Причем при создании техногенных массивов можно прогнозировать и управлять физико-химическими свойствами материала в процессе хранения, добываясь или его дополнительной дезинтеграции, окисления, выщелачивания (в хвосто- и шламоохранилищах), или консервации и сохранения первоначальных свойств.

Сложный химический, минералогический и гранулярный состав техногенных массивов, набор содержащихся в них полезных и вредных компонентов затрудняет расчет суммарного экономического эффекта от их переработки и определяет индивидуальный подход в оценке каждого.

Возможность многоцелевого использования отходов рудообогатения, отсутствие обоснованных кондиций на отвальные хвосты и продукцию из них с учетом затрат на их переработку создают значительные трудности в выявлении технологически и экологически значимых параметров хвостохранилищ.

ТАБЛИЦА 1.24.

ХАРАКТЕР ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Химический элемент или соединение	Степень и характер воздействия на человека и животных
Бериллий	Повышенное содержание солей бериллия в пище вызывает ослабление костной ткани (бериллиевый рахит)
Кадмий	Вызывает шизофрению, болезнь «итай-итай», способствует образованию раковых опухолей с поражением легких
Ртуть и ее соединения	Вызывает отравления
Селен	Вызывает щелочную болезнь
Соединения кобальта	Вызывают сердечные заболевания
Таллий	Нарушает действие витамина В
Фтор	Избыточное содержание в кормах ведет к мочекаменной болезни; повышенное содержание вызывает флюорез (пятнистая эмаль), а пониженное - кариес
Асбест, бензол, нефтяные фракции, Cr, окислы Ni, As, Zn, Mo, U, Pb	Увеличивают опасность заболевания раком, вызывают отравление организма. По свидетельствам ВОЗ 70-90% раковых заболеваний в городах связано с присутствием в окружающей среде различных химических веществ
Окислы азота	Сильный яд, вызывающий нарушение нервной системы
Сурьма	Длительное постоянное поступление неорганических соединений сурьмы ведет к морфологическим изменениям щитовидной железы

В качестве технологически значимых параметров отходов рудообогатения обычно рассматриваются: содержание полезных и вредных компонентов; гранулярный состав, структурно-текстуальные

особенности и физико-механические свойства хвостов; ряд инженерно-геологических и гидрогеологических параметров.

К экологически значимым параметрам относятся: состав и содержание вредных химических элементов и их соединений, превышающие предельно допустимые концентрации в хвостах, атмосфере и воде; взвешенные в воздухе твердые частицы, источниками которых являются участки пыления хвостохранилищ.

При определенной концентрации ряда элементов и их соединений в техногенных массивах, воде и атмосфере они через дыхательные пути или пищу попадают в организм человека и животных, оказывая вредное влияние на их здоровье. Проникновение в легкие взвешенных в воздухе частиц зависит от их размера. Так, по данным Амелина А.Г. и др. частицы более 100 мкм полностью оседают в носу и полости рта; более тонкие частицы размером 15-300 мкм проникают в бронхи и в легкие. Характер вредного влияния некоторых элементов и их соединений иллюстрируют данные табл. 1.24 (Батугин С.А. и др.).

При исследовании техногенных массивов можно выделить две группы задач: связанные с оценкой массивов как техногенных месторождений; связанные с экологической оценкой возводимых и уже существующих техногенных массивов.

Решение второй группы задач предусматривает: качественную и приближенную количественную оценку хвостохранилища как источника ценных, либо токсичных химических элементов (в атмосфере, хвостах и стоках) для разработки проекта их переработки, либо выбора комплекса природоохранных мер. Практически во всех случаях необходимо выявление таких элементов и их соединений как Hg, Pb, Cd, Se, Cu, Zn, As, Cr, V; установление интенсивности, состава и размеров техногенных ореолов токсичных химических элементов с целью экологически безопасного использования примыкающих территорий при размещении жилых массивов, сельскохозяйственных, рекреационных зон и источников водоснабжения; получение фоновых геохимических характеристик окружающей среды с целью проведения последующего контроля эксплуатации хвостохранилища.

Среди методов оценки техногенных массивов с целью выбора эффективных способов их очистки, хранения и переработки следует выделить *статистический анализ* геологопромышленных параметров, характеризующих качество и строение техногенного массива и *геолого-экологическое картирование* (комплекс работ по геометризации хвостохранилищ по геологическим, технологическим и экологическим параметрам). Основное назначение картирования -

подготовка информационной основы для технологической и экологической оценки техногенных массивов.

При геолого-технологическом картировании хвостохранилищ, в зависимости от направления утилизации отходов рудообогащения (доизвлечения компонентов либо использование в строительной промышленности), набор параметров значительно отличается, что требует опережающей технологической типизации отходов.

Технологическая типизация осуществляется в процессе геолого-промышленной оценки хвостохранилищ как техногенных месторождений. Изучение концентраций и распределения полезных и вредных компонентов позволяет решить вопросы оценки рудоносности хвостохранилищ, их металлургической специализации и экологической опасности. С помощью микроэлементов и особенностей их распределения в объеме хвостохранилищ оценивается степень однородности техногенных геологических образований.

При геолого-экологическом картировании предусматривают объемную геометризацию токсичных элементов техногенного массива, ореолы их вторичного рассеивания вокруг хвостохранилищ (если их концентрации превышают ПДК); а также плоскостную (поверхностную) геометризацию пылеватых фракций пляжных зон.

С научно-методической точки зрения геоэкологическая оценка горнопромышленных отходов включает:

- выбор и обоснование системы показателей, характеризующих вещественный состав, физико-механические и технологические свойства материала;
- диагностику качественных и эколого-технологических свойств отходов с целью определения возможных направлений использования, а также выбора технологий пылезащиты или рекультивации;
- установление условий образования и накопления для организации разведки и опробования;
- определение качественных и физико-механических параметров, а также закономерностей их пространственной локализации;
- подсчет запасов на основе выбранных ресурсных характеристик для выделенных и геометризованных по количественным критериям (параметры качества и технологичности отходов) участков техногенного массива;

- определение степени экологичности отходов по параметрам токсичности, пыления, самовозгорания;
- расчет водного баланса хвостохранилища и состава поступающих и удаляемых вод;
- создание геоэкологического кадастра техногенного массива как информационно-организационной основы использования отходов и управления состоянием массива;
- формирование фонда исходной (базовой) картографической информации, включающей тематическую графику состояния и свойств техногенного массива;
- создание блока оценочно-прогнозной информации (цифровой и графической) изменения во времени и пространстве параметров состояния и свойств техногенного образования.

Таким образом, сущность геоэкологической оценки отходов определяется спецификой техногенных массивов, заключается в установлении состава и свойств отходов, характеризующих их как источник вторичного минерального сырья, а также вредного воздействия на окружающую среду, с последующим математическим и графическим моделированием пространственно-качественной структуры состояния геотехнического объекта и прогнозирования динамики его изменения. Указанный подход соответствует методологии управления запасами минерального сырья и состоянием техногенного массива и обеспечивает выработку оптимальных эколого-технологических решений по утилизации отходов и предотвращению их негативного воздействия на окружающую среду. С точки зрения функционирования, такая система должна решать следующие задачи: получение информации о геотехническом объекте (разведка, опробование, маркшейдерские, геомеханические и др. измерения); обработка информации в соответствии с заданными целями; принятие проектных решений по утилизации горнопромышленных отходов или (и) защите от вредного воздействия их на окружающую среду.

Такой подход к изучению и оценке горнопромышленных отходов, обеспечивающий непротиворечивость и сопоставимость используемых методов и показателей, даст возможность устанавливать приоритетность использования различных видов отходов, а также прогнозировать направления наиболее вредного их воздействия на окружающую среду.

2. Информационное обеспечение геоэкологической оценки горнопромышленных отходов

Наиболее целесообразной формой информационного обеспечения при решении вопросов, связанных с использованием горнопромышленных отходов и защитой окружающей среды от их вредного воздействия, являются базовые и целевые кадастры. При этом базовые кадастры должны быть сводом данных об отходах как продуктах переработки первичного минерального сырья и источниках загрязнения окружающей среды, а целевые кадастры должны объединять и накапливать информацию о видах отходов, пригодность которых для производства той или иной продукции уже определена разработанными технологиями, т.е. целевые кадастры являются сводом данных о вторичных минеральных ресурсах. Однако, отсутствие точного разграничения между этими двумя категориями отходов вследствие постоянного развития техники и технологии переработки сырья, свидетельствует о тесной взаимосвязи информационной основы различных видов геоэкологической оценки и учета состояния техногенных массивов.

Горнопромышленные отходы, являясь заменителями традиционного минерального сырья, должны с геологопромышленной точки зрения находиться в единой с ними системе балансового и кадастрового учета, осуществляемого геологической службой предприятий. При этом степень изученности состава и свойств техногенных массивов должна обеспечивать также оценку объекта как источника негативного воздействия на все компоненты биосферы.

Для основных видов горнопромышленных отходов состав показателей, определяющий содержание кадастра, включает две группы параметров: учетные и оценочно-расчетные. Первую группу показателей составляют производственные характеристики, вторую - геолого-промышленные, технологические и экономические параметры. Целесообразно использование следующих групп показателей:

- общие географо-производственные параметры (источник отходов, его местонахождение, вид отходов, условия их образования и накопления, степень изученности);
- ресурсовая характеристика (текущий и перспективный выход, смкость отвалов, землеемкость, запасы и др.);

- параметры качества (вещественный состав, химико-технологические и физико-механические свойства отходов и продукции из них);
- технико-экономическая характеристика переработки и использования по различным направлениям (объемы использования, себестоимость, эксплуатационные и капитальные затраты на получение готовой продукции, прибыль, ценность отходов и др.).

Горнопромышленные отходы имеют ряд специфических характеристик. Для них, например, необходима дифференциация признака нахождения. Если первичные минеральные ресурсы во всех случаях характеризуются запасами в недрах, то отходы одного и того же вида можно оценить накопленными запасами (в отвалах, хвостохранилищах и др.), текущим выходом и ожидаемым выходом – годовым и суммарным. Последний определится масштабами развития основного производства. Так, для вскрышных пород ожидаемый выход – это те запасы, которые находятся в контурах карьерного (шахтного) поля. Для отходов обогащения – это кумулятивный объем за срок отработки запасов основного полезного ископаемого на данном месторождении при определенном выходе хвостов по используемой технологии переработки первичного минерального сырья. Учет форм нахождения отходов тем более важен, что с этим связано и различие качественных показателей, характеризующих отходы разных периодов отработки месторождения с различными природными и технологическими типами исходного сырья. Некоторые ресурсные характеристики (состав показателей и их значения) для предприятий черной металлургии приведены в табл. I.25.

Следует отметить, что геоэкологическая и экономическая оценка горнопромышленных отходов тесно связана с денежной оценкой земли, занятой техногенными массивами. Это оказывает существенное влияние на определение наиболее рациональных направлений утилизации отходов. Расчет возможных потерь сельскохозяйственного производства в результате изъятия земель под отходы целесообразно оценивать на компенсационной основе. Для соответствующих расчетов ресурсная часть кадастра должна включать показатели общей и удельной землесемкости отходов, а также относительного плодородия земель, отводимых под отвалы. Учет затрат на ликвидацию социальных последствий загрязнения природной среды при оценке экономической эффективности утилизации отходов и использования безотходных технологий значительно

расширяет границы экономической целесообразности применения соответствующих технологий.

ТАБЛИЦА 1.25

*РЕСУРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ НА
ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Горно-обога- тельный комби- нат	Пло- щадь за- нятая под хранили- ще, км ²	Объем хво- стохрани- лища на конец эксплуа- тации, млн.м3	Количе- ство хво- стов в накопи- телях, тыс.т	Количе- ство скла- дирован- ных хвостов, тыс.т	Объем хвосто- вой пуль- пы, млн.м ³ в год	Выход хвостов, %
Оленегорский	10,0	400,0	240457	9992,0	183,3	63,1
Ковдорский	7,7	315,0	244107	8588,0	104,2	54,0
Костомукшский	34,1	410,0	90816	15110,0	359,8	64,0
Стойленский	3,1	36,0	19905	6402,0	193,5	60,6
Михайловский	14,8	163,0	21873	18618,0	355,0	65,1
Лебединский	6,3	375,0	280221	25709,0	196,4	61,9

* Данные по состоянию на 1989 г.

Состав показателей качества горнопромышленного сырья определяется особенностями его геоэкологической оценки. Систематизация номенклатуры показателей качественного состояния техногенных отложений должна быть основана на дифференцировании параметров по видам (целевой направленности) оценки и месту их нахождения.

Для оценки потребительских свойств отходов можно выделить следующие группы показателей: назначения, технологичности, сохранности и транспортабельности.

Параметры назначения играют ведущую роль при оценке направлений использования отходов (доизвлечение полезных компонентов, утилизация и др.) и установление уровня качества. Указанные показатели являются основой определения ресурсовой ценности отходов при подсчете их запасов. Применительно к рассматриваемым видам вторичного минерального сырья характеристиками назначения служат содержания основных и сопутствующих элементов и их

соединений, позволяющие выделять экономически целесообразные направления использования отходов. Химический состав хвостов зависит от минерального состава перерабатываемых руд и технологии их обогащения. Результаты минералогического анализа исходных хвостов обогатительных фабрик свидетельствуют о сложном, полиминеральном составе пород и наличии различных рудных минералов. Характерный минеральный состав хвостов обогатительных фабрик, перерабатывающих руды цветных и черных металлов, приведен в табл. I.26. Данные таблицы свидетельствуют, что относительное содержание минеральных фаз в хвостах руд изменяется в широких пределах при значительном многообразии самого минерального состава. Широкий спектр минерального состава хвостов приводит к значительному различию, как по уровню качества (содержанию элементов и их соединений), так и по многокомпонентности химического состава (табл. I.27). Установлено, что в отходах обогащения руд цветных, черных металлов и горнохимического сырья содержатся Mn, Cu, Co, Zn, Ni, Mo, Ti, Zr, P₂O₅ и др. компоненты, рассмотрение целесообразности доизвлечения которых явно необходимо.

ТАБЛИЦА I.26

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ
ФАБРИК РУД ЦВЕТНЫХ И ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Предприятие, обогатительная фабрика	Минералы, (содержание минералов в хвостах, %)
Хвосты руд цветных металлов	
ГМК «Печенганикель» ОФ №1 ОФ №2	Антигорит (60), магнетит(20), кварц (3-5), ильменит (2), полевые шпаты (2), кальцит (1-2) Тальк и прохлорит (80), кварц (10), полевые шпаты-анорит (3), магнетит (2-3), халькопирит (2)
Ловозерский ГОК	Полевые шпаты (36), эгирин (26), нефелин (23), апатит (1-2)
Тырнаузский ВМК	Кварц (45-50), бионит (20), кальцит (20), пирит (3-5), полевые шпаты (3)
Садонский СЦК Мизурская ОФ Фиагдонская ОФ	Кварц (50), мусковит (20), ортоклаз (15), альбит(10), пирит (3), магнетит (3) Серицит (60), пирит (10), сфалерит (3), магнетит (3), кальцит (2)
Урупский ГОК	Кварц (30), пирит (30), серицит (15), халькозин (2), прохлорит (5)

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.26

Предприятие, обога- тельная фабрика	Минералы, (содержание минералов в хвостах, %)
Солнечный ГОК, Солнечная ОФ	Касситерит (9,16), вольфрам (0,02), сфалерит (0,49), халькопирит (0,47), галенит (0,39), пирит (1,51), пирротин (1,44), арсенопирит (0,55), лимонит (2,9), кварц-карбонатная порода (4,24), турмалин (18,5), кварц(48,3), кварц-турмалиновая порода (18-47)
Хвосты руд черных металлов	
Ковдорский ГОК	Апатит (6-12), форстерит (25-30), флогопит (8-14), карбонаты (14-25), магнетит (12), прочие (5-8)
Северный ГОК	Кварц (48), амфиболы (11), гидрослюда (6), хлориты (3), тальк (10), гематит (10)

Наличие в кадастре показателей назначения предопределяет установление номенклатуры конечной продукции, целесообразность получения которой должна быть рассмотрена.

ТАБЛИЦА 1.27

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХВОСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Горнообогатительный комбинат	Содержание компонентов, %										
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Ковдорский	0,8	21,1	2,20	18,2	10,5	0,5	0,8	27,1	0,1	2,0	0,1
Центральный	0,0	2,1	2,65	61,9	0,2	1,0	0,9	2,6	0,3	27,9	0,1
Ингулецкий	0,1	7,0	1,99	61,4	0,1	0,3	0,6	4,9	0,2	23,8	0,
Ново-Криворожский	0,1	7,4	2,34	58,7	0,1	0,8	0,5	3,2	0,3	26,0	0,0
Северный	0,2	6,6	1,03	62,8	0,0	0,7	0,6	4,5	0,1	22,9	0,0
Ожный	0,1	6,4	1,96	58,0	0,1	0,6	0,5	3,3	0,2	28,3	0,0

Выбор параметров назначения целесообразно проводить, используя методы диагностики качества горнопромышленных отходов по результатам полного химического, минералогического, гранулометрического и других видов анализа. При этом состав отходов проверяется на соответствие техническим условиям, предъявляемым к сырью для производства набора готовой продукции

для химической промышленности, стройматериалов, удобрений и др. Так, например, пригодность отходов для замены соответствующих компонентов сырьевой смеси при производстве портландцемента можно определить следующими основными показателями: коэффициентом насыщения $0,88 < KH < 1,0$, глиноземным модулем $0,9 < p < 1,6$, силикатным модулем $1,9 < n < 2,6$, содержанием $MgO < 3,2\%$, содержанием $SO_3 < 1\%$. Оценку пригодности можно также проводить по значениям верхних пределов KH , n и p , которые удовлетворяют техническим требованиям на обычные цементы. Номенклатуру возможного выпуска готовой продукции ранжируют по дефициту в натуральном или стоимостном выражении и устанавливают приоритетность получения продуктов утилизации или доизвлечения полезных компонентов.

Особо важное значение при геологической оценке горнопромышленных отходов имеет правильный выбор показателей их технологичности, т.к. в процессах накопления и хранения техногенные отложения претерпевают значительные физико-химические изменения. В группу параметров технологичности необходимо включать показатели, позволяющие оценить специфические особенности отходов при их добыче и переработке различными способами. К этой группе показателей относятся гранулярный состав, физико-технические характеристики, влажность, плотность, минеральный состав и др.

Основной характеристикой технологичности хвостов обогатительных фабрик является гранулярный состав, позволяющий установить режимные параметры технологических процессов добычи, переработки, пылезащиты, рекультивации, управления состоянием техногенных массивов и др. Гранулярный состав хвостов зависит от методов и стадий подготовки первичного измельчения и др.), технологии основных обогатительных процессов и твердости минералов, входящих в состав перерабатываемых руд. На основе результатов гранулометрического анализа техногенных отложений определяют тип хвостов по измельчаемости и крупности, распределение полезных компонентов по классам крупности, обогатимость отдельных фракций. Гранулярный состав различных видов хвостов, полученных при переработке руд цветных и черных металлов, а также характеристика отходов по крупности и способности к пылеобразованию приведены в табл. 1.28, 1.29. Гранулярный состав исходных хвостов изменяется в широких пределах для различных видов минерального сырья, а при переработке на обогатительных фабриках природных типов руд имеет значительные колебания и в разные периоды эксплуатации месторождений.

ТАБЛИЦА 1.28
ГРАНУЛЯРНЫЙ СОСТАВ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК РУД ЦВЕТНОЙ И ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Предприятие обога- тельная фабрика (ОФ)	Класс крупности: мм / содержание класса, %									
	Предприятия цветной металлургии									
ГМК «Печенгачикель», ОФ №1	-0,01 1,5	-0,02±0,01 3,3	-0,04±0,02 3,3	-0,07±0,04 1,5	-0,1±0,07 1,8	-0,2±0,1 6,2	-	-	-	-1±0,2 1
Ловозерский ВМК	-	-	-	-0,07 12,14	-0,21±0,07 2,742	-1±0,21 56,96	-	-	-	3,48 1
Тырнаузский ВМК	-0,05	-0,01±0,005 7	-0,04±0,01 3,1	-0,07±0,04 1,9	-0,15±0,07 1,7	-	-	-	-	-
ГМК «Печенгачикель», ОФ №2	-0,074 7,9	-0,1±0,074 11,5	-0,15±0,1 4,5	-0,25±0,15 3	-0,3±0,25 0,5	-0,5±0,3 1	-	-	-	-0,8±0,5 0,5
Урупский ГОК	-0,01 29,3	-0,02±0,01 38	-0,08±0,02 4,3	-0,1±0,08 1,6	0,16±0,1 4,2	-0,2±0,16 3,3	-	-	-	13,3 1
Гайский ГОК	-0,044 60,3	-0,074±0,044 5,0	-0,14±0,074 19,3	-0,28±0,14 5,0	-0,4±0,28 9,5	-0,56±0,4 0,9	-	-	-	-
Учалинский ГОК	-0,074 64,1	-0,15±0,074 18,8	-0,25±0,15 10,3	-0,5±0,25 3,1	-0,8±0,5 1,7	-	-	-	-	-
Хрустальненский ГОК	-0,044 36,8	-0,074±0,044 9,0	-0,1±0,074 10,2	-0,15±0,1 5,4	-0,25±0,15 23,0	-0,5±0,25 14,2	-	-	-	-0,8±0,5 1,3
Норильский ГМК	-0,044 61	-0,078±0,044 14,3	-0,1±0,078 19,2	-0,15±0,1 5,5	-0,2±0,15 0,02	-0,3±0,2 0,02	-	-	-	-0,4±0,3 0,01
Солнечный ГОК	-0,02 12,5	-0,04±0,02 12,2	-0,074±0,04 28	-0,1±0,074 18	-0,2±0,1 16,5	-0,8±0,2 10,8	-	-	-	-
Среднеуральский меде- плавынный завод	-0,02 40	-0,03±0,02 15,5	-0,044±0,03 9,6	-0,074±0,044 8,1	-0,1±0,074 2,1	-0,15±0,1 14,8	-	-	-	-
ПО «Дальполиметалл»	-0,074 52	-0,1±0,074 21,7	-0,15±0,1 6	-0,2±0,15 3	-0,3±0,2 1,7	-0,4±0,3 0,23	-	-	-	-1±0,4 0,1
Красноярчинская ОФ	-0,074 54	-0,2±0,074 25	-0,4±0,2 18	-0,8±0,4 3	-	-	-	-	-	-
Предприятия черной металлургии										
Магнитогорский МК	-0,005 6,1	-0,0±0,005 7,2	-0,043±0,02 7,0	-0,074±0,043 9,0	-0,15±0,1 5,5	-0,3±0,15 10,6	-	-	-	±0,5 3,8
Ковдорский ГОК	-	-	-	-0,074 45,0	-0,14±0,074 40,3	-0,3±0,14 13	-	-	-	±0,3 1,7

Из приведенных примеров видно, что диапазон изменения размеров частиц и выхода фракций крупности значителен. Средневзвешенные диаметры частиц отходов колеблются в пределах от 0,03 до 0,5 мм. Однако в большинстве случаев преобладают по крупности пылеватые хвосты как при переработке руд цветных металлов, так и черных, независимо от различий технологий обогащения.

Зерновой состав отличается значительной изменчивостью в пространственной структуре техногенного массива вследствие фракционирования материала от места выпуска к центру пруда и изменения гидродинамических характеристик потока пульпы. Фракционирование хвостов по крупности в процессах намыва и осадкообразования приводит к образованию локальных зон, отличающихся крупностью, плотностью, содержанием полезных компонентов и технологичностью. Гранулометрическая характеристика хвостов по локальным участкам, выделенным в структуре техногенного массива, позволит организовать их селективную отработку и обогащение с помощью наиболее рациональных технологических схем.

ТАБЛИЦА 1.29

*ХАРАКТЕРИСТИКА ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК
РУД ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПО СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ*

Предприятие, обогатительная фабрика (ОФ)	Перерабатываемая руда	Содержание класса - 0,074 мм, %	Средневзвешенный диаметр частиц, мм	Измельчение Вид хвостов по крупности	Процессы, в которых образуются отвальные хвосты
ГМК «Печенганикель», ОФ № 1	Сульфидная, медно-никелевая	80,0	0,49	Среднее Пылеватые	Трехстадийное дробление, стадийное измельчение, флотация
Ловозерский ГОК	Лопаритовая	12,1	0,423	Крупное Пылеватые	Дробление, гравитация, электромагнитная сепарация
Тырнаузский ВМК	Скарновая, вольфрамомолибденовая	64,0	0,90	Среднее Пылеватые	Крупное дробление, самоизмельчение

ГМК «Печенганикель», ОФ №2	Бедная и забалансовая медно-никелевая	79,0	0,053	Крупное Пылеватые	Двухстадиальное дробление, двухстадиальное измельчение, флотация
Гайский ГОК	Колчеданная	65,3	0,069	Крупное Пылеватые	Трехстадиальное дробление, трехстадиальное измельчение, флотация
ПО «Дальполиметалл»					
Центральная ОФ	Сульфидная и смешанная	52,0	0,094	Крупное Пылеватые	То же
Красноречинская	Сульфидно-касситеритовая	54,0	0,13	Крупное Пылеватые	То же
Учалинский ГОК	Медно-цинковая; медно-цинковая колчеданная	64,1	0,09	Среднее Пылеватые	Трехстадиальное дробление, двухстадиальное измельчение, флотация
Хрустальненский ГОК, ОФ №1	Силикатно-касситеритовая и оловянно-полиметаллическая	46,0	0,137	Крупное Пылеватые	Трехстадиальное дробление, отсадка, двухстадиальное измельчение, обогащение на концентрационных столах
Солнечный ГОК, Солнечная ОФ	Сульфидно-касситеритовая	53,0	0,026	Крупное Пылеватые	Трехстадиальное дробление, трехстадиальное измельчение, обогащение на концентрационных столах
Среднеуральский медеплавильный завод	Сульфидно-касситеритовая	73,2	0,085	Среднее Пылеватые	То же
Норильский ГМК	Вкрапленная медно-никелевая, медистая, спайная, богатая	75,3	0,046	Среднее Пылеватые	Четырехстадиальное дробление, двухстадиальное измельчение, флотация

Показатели зернового состава поверхностных слоев хвостохранилища определяют их устойчивость к ветровой эрозии и совместно с влажностью верхнего слоя позволяют провести оценку отходов как источника пылеподавления.

Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность отходов к перемещению определенными транспортными средствами. В эту группу должны входить показатели крупности (гранулометрический состав, средневзвешенный диаметр частиц), влажности, слипастости, способности к слеживанию. К показателям сохраняемости отходов относятся склонность их к самовозгоранию и окисляемости.

Названные группы вещественных показателей, отнесенные к различным уровням их определения (исходный материал, данные по отдельным участкам техногенного массива), позволяют произвести многоаспектовую геоэкологическую оценку хвостохранилищ.

При обосновании технологических решений по рекультивации хвостохранилищ без использования почвенных масс необходима геоэкологическая оценка физико-химических параметров горнопромышленных отходов как многокомпонентного вещества. Информация для такой оценки хвостов обогащения должна включать наряду с зерновой характеристикой (выход преобладающих фракций определенной крупности) и влагосмкостью также минеральный и химический состав верхних слоев техногенного массива.

Для отходов горно-обогатительных предприятий черной металлургии указанные характеристики приведены в табл. 1.30. Зерновой состав отходов в пределах корнеобитаемого слоя влияет на развитие экосистем на хвостохранилищах. Установлено, что при значительном содержании частиц с диаметром менее 0,02 мм свойства хвостов как основы для растений ухудшаются. С фракционным составом отходов тесно связана их влагоемкость, изменение которой наблюдается в широких пределах. Условия увлажнения хвостов неодинаковы в поверхностном и корнеобитаемом слоях, что объясняется высокой водопроницаемостью хвостовых отложений и испарением влаги с поверхности (табл.1.30).

ТАБЛИЦА 1.30.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХВОСТОВ КАК ОСНОВЫ
РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
ХВОСТОХРАНИЛИЩ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Предприятие	Преобладающие фракции, %		Полная влагоемкость %	рН	Концентрация, мг/100 г		С. %
	Песок мелкий и средний	Пыль крупная и мелкая			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Ковдорский ГОК	44,7	44,5	15,2	7,8	2,6	2,0	0,4
Оленегорский ГОК	43,0	51,6	15,2	8,2	0,5	6,9	0,1
Лебединский ГОК	13,9	72,6	16,0	8,1	0,3	2,0	0,4
Качканарский ГОК	77,4	-	18,0	7,6	3,7	1,2	-
Северный ГОК	73,3	15,4	23,5	8,3	2,1	46,0	0,5
Центральный ГОК	22,3	75,0	21,1	7,6	2,0	26,2	0,5
Ново-Криворожский ГОК	-	92,7	21,0	7,9	3,5	87,5	0,7

Агрохимические показатели хвостов определяются содержанием в них подвижных ионов калия и фосфора, а токсичность - концентрациями таких элементов как Mn, Cu, Co, Zn, Ni. При этом в наибольших количествах растениями поглощается медь, менее интенсивно - молибден, титан, марганец. Перечисленные агрохимические параметры должны быть включены в состав группы качественных параметров кадастра. Важным условием произрастания растений на поверхности хвостов является также минеральный состав. Установлено, что преобладание в хвостах кварца и полевого шпата не вызывает набухания частиц и свидетельствует о необходимости внесения в поверхностный слой материалов, улучшающих агрохимические свойства хвостов.

Биологическая рекультивация хвостохранилищ на предприятиях цветной металлургии имеет особенности, связанные с химико-минеральным и солевым составом отходов. Поэтому при геоэкологической оценке отходов необходимо устанавливать классификационные группы хвостохранилищ по степени токсичности (табл. 1.31). Номенклатура показателей, характеризующих токсичность, выбирается для хвостохранилищ предприятий цветной металлургии исходя из природоохранного (санитарно-гигиенического)

направления рекультивационных работ и включает параметры, определяющие уровень сульфидности и засоленности отходов. Данные параметры позволяют также выделить группу токсичных и высокотоксичных хвостохранилищ (сульфидные солончаки и высокосульфидные незасоленные и засоленные хвосты), требующих специальных методов защиты (мелиорации и изоляции отходов).

ТАБЛИЦА 1.31

**КЛАССИФИКАЦИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПО ТОКСИЧНОСТИ**

Но- мер группы	Характеристика вещества хвостохранилища	Условия ув- лажнения	Обогатительная фабрика
НЕТОКСИЧНЫЕ			
1	Малосульфидные (3% сульфидов), незасоленные	Без орошения	Ловозерская, Верхнеднепровская
2	То же	С орошением	Джезказганская, Акжальская
3	Сульфидно-карбонатные (сульфидов 3-10%, карбонатов в 1,5 раза больше, незасоленные)	Без орошения	Тырнаузская, Зырянская, Такойская
4	То же	С орошением	Кентауская
МАЛОТОКСИЧНЫЕ			
5	Малосульфидные, солончаковые	Без орошения	Аратурская, Жолымбет
6	То же	С орошением	Кадамжайская Чорух-Дайронская
7	Сульфидно-карбонатные, солончаковые	С орошением	Мизурская, Лениногорская
8	Сульфидные (сульфидов 3-10%)	Без орошения	Алмалыкская, Чадакская
9	То же	С орошением	
ТОКСИЧНЫЕ			
10	Сульфидные, солончаковые	Без орошения	Золотушинская
11	То же		Ангренская

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.31

Номер группы	Характеристика вещества хвостохранилища	Условия увлажнения	Обогащительная фабрика
12	Высокосульфидные (сульфидов более 10%), неза-солонные	Без орошения	Белоусовская
ВЫСОКОТОКСИЧНЫЕ			
13	Малосульфидные солончаки	Без орошения	Павлодарский алюминиевый завод
14	То же	С орошением	Кансайская
15	Сульфидные солончаки	Без орошения	Иртышская
16	То же	С орошением	Балшахская
17	Высокосульфидные солончаки	Без орошения	Урупская Кафанская
18	То же	С орошением	Майкаинская

Теплофизические параметры горнопромышленных отходов характеризуют их способность к самонагреву и самовозгоранию в техногенных образованиях. Самовозгорание пород в отвалах и терриконах, а также пиритсодержащих «лежалых» хвостов обогащения в хвостохранилищах приводит к выделению в атмосферу значительных объемов газообразных продуктов (оксида углерода, диоксида серы, сероводорода, углекислого газа и др.). Теплофизические свойства отвальных хвостов обогатительных фабрик можно оценить с помощью следующих параметров:

- объемной теплосмкости, характеризующей интенсивность изменения температуры хвостов при их нагревании или охлаждении, а также удельной теплосмкости, рассчитываемой на единицу массы отходов;
- коэффициента теплопроводности, характеризующего степень проводимости тепла в стационарном состоянии в единицу времени через две противоположные грани 1 м³ хвостов;

- коэффициента температуропроводности, характеризующего скорость выравнивания температуры хвостов.

Теплофизические параметры хвостовых отложений некоторых типов руд (железных, медно-никелевых, никелевых и медно-молибденовых) приведены в табл. I.32.

ТАБЛИЦА I.32

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ

Обогаща- емая руда	Влаж- ность %	Плотность хвостов т/м ³		Теплоемкость		Кэффи- циент теп- лопровод- ности, Вт (м.К)	Кэффи- циент темпе- рату- ро- провод- ности 10 ⁻³ м ² /С
		Влаж- ных	Сухих	Удель- ная, Дж/ (кг/.К)	Объемная, Дж/ (м ³ .К)		
Железная	19,5	2,5	2,1	1279/1066	320/2240	1,4/2,1	0,44/0,93
"-	21,0	2,3	1,9	1421/1679	3270/3190	1,6/2,9	0,50/0,91
Меднони- келевая	31,0	1,9	1,5	1550/1307	2976/2000	2,0/3,5	-
"-	25,7	2,0	1,6	1436/1252	2930/2040	1,4/2,4	0,48/1,16
Никеле- вая	31,4	1,9	1,5	1602/1241	3060/1800	1,4/2,5	0,46/1,4
"-	30,4	2,1	1,6	1525/1352	3110/2150	1,6/2,8	0,67/0,93
"-	28,5	2,0	1,6	1512/1020	3100/2090	2,1/1,9	0,52/1,3
Медномо- либдено- вая	30,5	1,9	1,4	1505/1320	2830/1900	1,5./2,6	0,52/1,39

Числитель - талые, знаменатель - сухие хвостовые отложения

Включение в состав кадастра показателей, определяющих горнопромышленные отходы как источник газового химического загрязнения воздушного бассейна, позволит произвести оценку рассредоточенности экологически вредных выделений, степени их периодичности, а также пожароопасности. На основе этих характеристик разрабатываются рациональные мероприятия по предупреждению самовозгорания горнопромышленных отходов и охране атмосферы от вредного влияния горящих техногенных массивов. Особенно экологически опасными из-за негативных последствий самонагрева и самовозгорания являются техногенные образования,

сформированные при добыче и обогащении угля и фосфоритов и содержащих в своем составе горючие сланцы и пирит.

Хвостохранилища являются опасными источниками загрязнения подземных и поверхностных вод, т.к. представляют собой аккумулирующие сооружения для отходов обогатительных фабрик технических вод, используемых в качестве жидкой фазы хвостовой пульпы. За счет очищенной технической воды осуществляется обратное промышленное водоснабжение предприятия.

Вода поступает в хвостохранилища из нескольких источников, что определяет ее объемно-качественные параметры в намывных массивах. Так, в хвостохранилища обычно сбрасываются промстоки, объем которых зависит от производительности обогатительной фабрики по складироваемым хвостам с учетом хозяйственно-бытовых нужд, шахтные (карьерные) воды, а также атмосферные осадки, возвратные фильтрационные воды и естественный поверхностный сток воды с водосборного бассейна. Водоотведение и потери включают расход оборотной воды промышленными предприятиями, потери воды на фильтрацию и испарение с водной поверхности отстойного пруда, а также воду пор хвостов и пруда хвостохранилища.

Учитывая специфику эксплуатации намывных сооружений и необходимость использования оборотного водоснабжения на обогатительных фабриках, следует отметить важность оценки и анализа как состояния фактического баланса воды, так и геохимического контроля состава и свойств вод, поступающих и удаляемых из хвостохранилищ. Технические воды хвостохранилищ содержат большое количество ионов тяжелых металлов и цианидов (предприятия цветной металлургии), органических флотореагентов, нефтепродуктов, а также имеют повышенное содержание солей жесткости. Состав вод хвостохранилищ определяется наличием тех или иных источников поступления, реагентным режимом обогащения, свойствами перерабатываемого минерального сырья, а также климатическими условиями района расположения горного предприятия.

Химический состав жидкой фазы пульпы, поступающей в хвостохранилища при обогащении руд цветных и черных металлов, имеет значительные отличия. Для хвостовой пульпы обогатительных фабрик цветной металлургии характерно наличие таких токсичных соединений и элементов, как цианиды, медь, свинец, цинк, фенолы, ксантогенаты и др. (табл. 1.33). Однако, в хвостохранилищах под действием природных факторов (солнечной реакции, кислорода, температуры воздуха и др.) концентрация вредных веществ в сточных водах уменьшается. По результатам опробования и контроля сточных вод после отстаивания за 4-8 суток происходит уменьшение во

времени содержания цианидов в 2 раза, ксантогенов в 4 раза, наблюдается снижение окисляемости и pH среды. Это свидетельствует о протекании в хвостохранилищах сложных физико-химических процессов самоочищения за счет взаимодействия соединений сточной воды с твердыми и газообразными компонентами окружающей среды. В некоторых случаях помимо аэрирования и осаждения части вредных компонентов наблюдается положительное действие биологических факторов самоочистки. Например, в отстойных прудах хвостохранилища Зыряновского горно-обогатительного комбината за счет наличия синезеленых водорослей происходят интенсивные процессы самоочистки сточных вод, особенно в летний период. При этом, если содержание меди и цианидов в водной составляющей пульпы достигало 20-30 мг/л каждого, то после прохождения отстойных прудов концентрация этих соединений в воде дренажного и обводного каналов снижалась до 0,2-0,8 мг/л соответственно.

ТАБЛИЦА 1.33

СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ (ЧИСЛИТЕЛЬ) И УДАЛЯЕМЫХ (ЗНАМЕНАТЕЛЬ) ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Содержание ионов, мг/л	Обогащаемые руды					
	Свинцово-цинковые			Свинцово-цинково-баритные		Полиметаллические
Cu ²⁺	-	0,3	0,1	10,0	1,2	51,8
		-	0,1	4,0	0,2	6,2-8,5
Zn ²⁺	0,42	0,30	0,18	11,6	0,7	10,0
	0,23	0,06	-	0,47	0,1	0,7-1
Pb ²⁺	0,08	0,02	0,09	-	1,5	3-4,5
	0,01	-	-	-	0,08	0,5
CN ⁻	2,8	2,0	-	-	4,8	14,7-19,6
	-	0,03	-	-	2,3	7,0-18,0
КСАНТОГЕНАТЫ, МГ/Л	1,3	0,3	8,0	-	-	-
	0,1	-	0	-	-	-
pH	11	11,5	11,8	8,7	10,8	8,7
	8,7	7,5	8,3	7	8,4	7,5-8,6

Примечание. Содержание в сточных водах, мг/л: Ca²⁺ -

Очистка подземных фильтрационных вод, доступ воздуха и органических веществ к которым ограничен, связана в основном с процессами осаждения вредных веществ на грунтах. Установлено,

что адсорбция и накопление ионов тяжелых металлов (медь, свинец, цинк) наблюдается в подстилающих грунтах, представленных супесчаными и суглинистыми разностями.

Химический состав воды хвостохранилищ на предприятиях черной металлургии отличается высокой минерализацией, достигающей значительных величин (табл.1.31). Воды в основном сульфатно-хлоритные, магниевые-натриевые со средней минерализацией от 2 до 22,5 г/л и являются химически активными источниками загрязнения окружающей среды.

Опыт работы ряда горно-обогатительных предприятий показал, что из общего объема потерь воды в технологических процессах обогащения руд 75-80% составляют потери на фильтрацию из хвостохранилищ. Поэтому предотвращение загрязнения окружающей среды агрессивными водами хвостохранилищ, а также подтопления и заболачивания прилегающих территорий требует создания различных видов противифльтрационной защиты на основе постоянного контроля объемно-качественных параметров водных ресурсов.

Состав информации кадастра по водным ресурсам должен включать балансовые данные по водопоступлению и водопотреблению из хвостохранилищ, а также физико-химические характеристики сточных вод, поступающих и удаляемых из геотехнического сооружения. Указанные показатели позволят прогнозировать характер влияния вод хвостохранилищ на окружающую среду и разрабатывать эффективные способы ее защиты.

Таким образом, кадастр горнопромышленных отходов представляет интегрированную информационную систему основных оценочных параметров техногенных массивов, которая по своему составу и структуре должна обеспечить возможность решения геолого-экологических задач по рациональному использованию минерально-сырьевой базы предприятий и охране окружающей среды. В целом, информационное обеспечение геолого-экологической оценки техногенных массивов рассматривается как сложная система на основе использования компьютерных технологий, включающая:

- базы данных по результатам разведки, опробования, геохимического и геомеханического контроля параметров состояния геотехнического объекта;
- информационные модели оценочных показателей, позволяющие формировать собственно кадастр отходов;

- комплекс задач анализа и прогнозирования эффективного использования отходов и предотвращения их негативного влияния на окружающую среду.

В состав задач, решение которых необходимо предусмотреть на основе интегрированной информационной системы должны входить:

- анализ состояния использования отходов и водных ресурсов;
- диагностика перспективных направлений применения техногенных отложений и определение приоритетности использования тех или иных отходов;
- моделирование вариантов развития добычи и переработки вторичного сырья с различными ограничениями по срокам и масштабам производства;
- моделирование и прогнозирование развития различных процессов воздействия техногенных массивов на окружающую среду;
- графическое моделирование состояния и изменения техногенного массива по совокупности геолого-экологических параметров.

Реализация этой компьютерной системы позволит получать необходимую и достаточную информацию о техногенных массивах как объектах промышленного использования и источниках экологически вредного воздействия на окружающую среду.

3. Анализ результатов геохимических исследований хвостохранилищ

Геоэкологическая оценка хвостохранилищ достигается последовательным решением следующего комплекса задач: определения геохимической специализации отходов рудообогатения и выбора химических элементов, подлежащих изучению с целью доизвлечения либо обезвреживания; обоснования технических средств бурения, способа отбора проб и параметров сети опробования; выбор методов анализа химического и зернового состава хвостов, их физико-механических и водно-физических свойств; изучения зависимостей между минералого-геохимическими, гранулометрическими, физико-механическими и водно-физическими параметрами; геолого-технологическое (при необходимости геолого-экологическое) картирование и подсчет запасов; расчет суммарного экономического

эффекта от переработки хвостов и затрат на обеспечение экологической безопасности.

Некоторые из перечисленных задач решались в МГГУ при изучении хвостохранилищ Эльбрусского свинцово-цинкового и Ковдорского горно-обогатительных комбинатов.

Хвостохранилища Эльбрусского рудника по окончании эксплуатации месторождения (1975 г.) не были своевременно законсервированы, в результате чего в настоящее время происходит загрязнение воздушного бассейна Кубанского ущелья силикозоопасной тонкодисперсной кварцевой пылью, а воды р. Кубань токсичными примесями соединений мышьяка и флотореагентов. Паводковые воды подмывают откосы хвостохранилищ и значительные объемы отходов оползают в реку Кубань (рис. 1.46). Кроме того, атмосферные осадки приводят к интенсивному оврагообразованию на поверхности «старого» хвостохранилища.

Изучение хвостохранилищ Эльбрусского месторождения было произведено с целью: выявления анизотропии геолого-геохимических свойств техногенного массива; определения параметров геолого-экологического районирования; геометризации участков, обогащенных свинцом и цинком, и их оценки для доизвлечения этих компонентов; выделения токсичных (обогащенных As) участков.

Хвостохранилища («Старое» и «Новос») характеризуются следующими параметрами: общее количество отходов - 321525 м³, общая площадь 5 га, мощность техногенных отложений 3-5 м, угол откоса 30° - 50°. Минеральный состав хвостов (%): кварц - 60, полевые шпаты - 25, рудные и акцессорные минералы (сфалерит, галенит, магнетит, реальгар, аурипигмент, нефелин, апатит) - 15.

В результате комплексного геологического изучения техногенных массивов (бурение, опробование, химический анализ хвостов) выявлена вертикальная литологическая неоднородность строения толщи, характеризующаяся наличием двух слоев:

- верхний слой (песчанистая пачка мощностью 0-3 м) представлен серыми, желтыми, буро-желтыми разновидностями песчанистых фракций хвостов;
- нижний слой (глинистая пачка мощностью до 3 м) - серо-голубые (в высохшем состоянии серые) сильноувлажненные пластичные глинистые фракции хвостов.

130M

Анализ технологических показателей обогатительной фабрики (ОФ) Эльбрусского рудника показывает, что снижение содержания металлов в руде приводит к увеличению потерь полезных компонентов в хвостах и снижению качества концентратов. Содержания свинца и цинка в добываемой руде снизились соответственно с 1,6% и 5,5% - в 1965 г. до 0,9% и 3,14% - в 1975 г.; содержание свинца в свинцовом и цинка в цинковом концентратах соответственно с 65,3% до 56,3% и с 50,9% до 50,4%. Переработка более бедных руд сказалась на всех показателях работы ОФ и качестве хвостов.

ТАБЛИЦА 1.34.

**СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В
ХВОСТОХРАНИЛИЩАХ И В ПОРОДАХ РАЙОНА ЭЛЬБРУССКОГО РУДНИКА**

Элемент	Среднее содержание, г/т		Фон
	Хвостохранилище		
	«новое»	«старое»	
La	22,00	25,00	18,80
Ce	57,00	58,60	45,90
Sm	5,32	5,16	4,18
Eu	1,32	1,50	1,32
Yb	2,72	2,13	2,10
Ln	0,43	0,48	0,45
Hf	5,40	5,80	5,00
Ta	0,69	0,84	0,74
Au	0,01	0,01	0,01
U	2,40	2,00	1,50
Th	11,20	10,40	10,10
As	74,20	71,40	12,83
Cs	10,60	11,40	13,10
Sc	17,40	20,32	17,88
Rb	134,00	120,00	109,00
Sb	11,60	15,40	24,50
Cr	68,00	82,00	70,00
Co	11,80	13,00	11,30

ТАБЛИЦА 1.35

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ В
ХВОСТОХРАНИЛИЩАХ ЭЛЬБРУССКОГО РУДНИКА

Хво- стохранилище, слои	Содержание, %		
	железо	цинк	свинец
«Старое»	4,25	0,25	0,08
глинистая пачка	4,1	0,27	0,09
песчаная пачка	4,4	0,23	0,08
«Новое»	5,05	0,48	0,12
глинистая пачка	5,4	0,46	0,16
песчаная пачка	4,7	0,49	0,07

Результаты опробования (табл. 1.34) показывают, что концентрации всех изученных элементов, кроме свинца, цинка и мышьяка, не превышают фоновых значений и находятся на уровне кларков. В породах района и пробах, отобранных из хвостохранилища, не обнаружено повышенных содержаний вредных в экологическом отношении элементов; не выявлено также повышенных концентраций элементов, кроме цинка, которые могут представлять промышленный интерес (табл. 1.35).

Корреляционный анализ содержаний элементов-примесей в образцах показал значимые отрицательные связи между литофильными и халькофильными элементами и значимые положительные корреляции между литофильными элементами.

Особый интерес представляет изучение стабильности хвостохранилищ, важное как с точки зрения создания оптимальных структур отвалов, так и с точки зрения экологии, т.е. взаимовлияния материала хвостохранилищ и вмещающих его пород. Наиболее чувствительными в этом отношении являются редкоземельные элементы, реагирующие на весьма незначительные изменения физико-химических параметров среды вариациями концентраций каждого элемента и их соотношениями внутри группы элементов. Однако, изучение поведения редкоземельных элементов в хвостохранилищах и в породах района показало довольно высокую однородность материала намывных массивов и вмещающих пород. Спектр редких земель во вмещающих породах выше, ниже и на уровне отвалов по течению р. Кубань имеет характерный для кислых пород цериевый состав и не изменяется при эксплуатации мес-

торожения и хвостохранилищ. Однако, обнаруживаются отличия в распределении некоторых компонентов (европия и иттербия) в пробах из «старого» и «нового» хвостохранилищ и во вмещающих породах. Заметны различия в геохимии «старого» хвостохранилища из результатов корреляционного анализа по индивидуальным выборкам, что связано с изменением и качества и состава перерабатываемых руд, технологии обогащения и формирования отвалов в различные периоды эксплуатации месторождения.

Раздельное изучение «песчанистой» и «глинистой» пачек хвостохранилищ обнаружило как сходство, так и различие в поведении элементов. Так, для обеих пачек характерно бимодальное распределение концентраций свинца, цинка и железа. С другой стороны, для верхней пачки выявлена положительная взаимосвязимость содержаний железа и цинка и отсутствие корреляции между железом и свинцом, свинцом и цинком. Для пород нижней пачки более характерны положительные, хотя и слабые, взаимосвязи между перечисленными элементами. Бимодальный характер распределения элементов и наличие двух трендов подтверждают предположения о геохимическом различии «старого» и «нового» хвостохранилищ. Еще более наглядны различия в распределении железа, цинка и свинца в «старом» и «новом» хвостохранилищах по их мощности. Анализ распределения содержаний свинца и цинка по мощности хвостохранилищ позволили установить следующее.

Для «старого» хвостохранилища характерны: отсутствие тенденции увеличения содержаний свинца с глубиной; слабо-выраженная тенденция увеличения с глубиной содержаний цинка; более низкие дисперсии содержаний свинца и цинка по сравнению с таковыми для «нового» хвостохранилища; положительные корреляционные связи между свинцом и глубиной ($r = 0,28$), цинком и глубиной ($r = 0,75$) в последнем случае корреляция значимая (рис. 1.47);

Для «нового» хвостохранилища отмечены: отсутствие закономерности в распределении свинца с глубиной; приуроченность максимальных содержаний цинка в «песчанистой» пачке; увеличение содержания цинка по направлению к подошве «глинистой» пачки; отрицательные корреляционные связи между свинцом и глубиной ($r = -0,41$), цинком и глубиной ($r = -0,28$), (рис. 1.48).

Используя методы автоматизированной геометризации месторождений, были построены планы «старого» и «нового» хвостохранилищ (рис. 1.49) (в изоконцентрах свинца, цинка, мышьяка. Они представляют собой латеральные пресс-проекции распределения содержаний элементов. С помощью этих планов выделены участки

хвостохранилищ, представляющие интерес для промышленного доизвлечения полезных компонентов (цинка), а также наиболее загрязненные участки, представляющие экологическую опасность (зоны с максимальным содержанием мышьяка), на которых необходимо вести специальные работы. Содержания свинца и характер их распределения в «старом» и «новом» хвостохранилищах по мощности и латерали указывают на бесперспективность его доизвлечения.

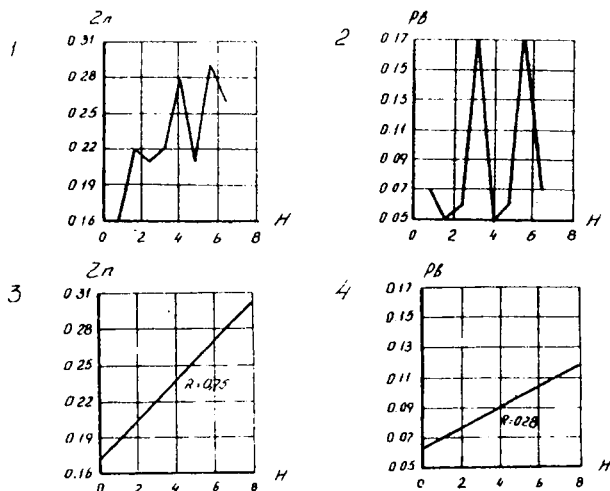


Рис. 1.47 «Старое» хвостохранилище.

1 - распределение цинка с глубиной, 2 - распределение свинца с глубиной,
3 - корреляция цинк-глубина, 4 - корреляция свинец - глубина.

Ветровая и водная эрозия породных отвалов и хвостохранилищ воздействует на биоту даже через десятки лет. Так, по данным Девиса (Западный Уэльс) на полях, расположенных в пределах нескольких сотен метров от отвалов старого рудника в Западном Уэльсе, содержания металлов варьируют (средние - максимальные, в скобках - допустимые в г/т): Pb-1759-14910-(70), Zn96-641-(195). Основной загрязнитель территории - свинец. На полях наблюдалась гибель животных, а также отмечено повышенное содержание свинца в крови детей этого района (14,7-44,1 мг/100 мл). Немытые листья содержали в 3-12 раз больше свинца, чем мытые, что свидетельствует о роли пылевого фактора. Среднее содержание свинца в мытых листьях со-

ставило 75,4-128 г/т. В процессе изучения хвостохранилищ Эльбрусского месторождения были отобраны и проанализированы на содержание цинка и мышьяка пробы: склонового делювия (соответственно 0-2720 и 50-124), взятые в 100 м выше хвостохранилищ; почвы (3370-3980 и 10-70) и аллювиальных песков (3140-4170 и 155-456) выше, на уровне и ниже объектов исследования по долине р. Кубани. Полученные данные, сопоставленные с результатами Девиса, свидетельствуют о загрязнении свинцом и, главным образом, цинком и мышьяком района хвостохранилищ путем пыления и водной транспортировки хвостов.

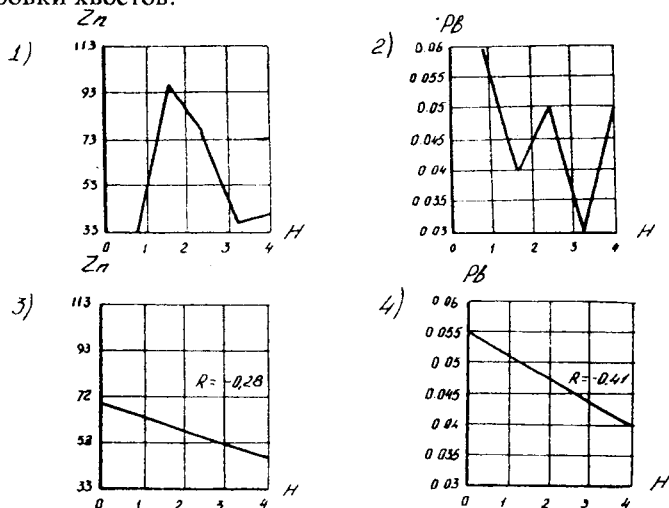


Рис. 1.48 «Новое» хвостохранилище.

1 - распределение цинка с глубиной, 2 - распределение свинца с глубиной, 3 - корреляция цинк-глубина, 4 - корреляция свинец-глубина.

Интересно отметить, что в склоновом делювии над хвостохранилищами, содержания мышьяка колеблется от 1 до 10 г/т, вверх по течению р. Кубань от хвостохранилища на 1 км составляют - 48 г/т, а ниже по течению в аллювиальном песке на расстоянии 10 м, 50 м, 500 м и 1 км составляют соответственно 267, 155, 75 и 50 г/т. Изменение содержания цинка в последних четырех пунктах опробования характеризуется следующими цифрами: 4880, 4240, 3980, 3370 г/т. Результаты исследований хвостохранилищ Эльбрусского рудника показали:

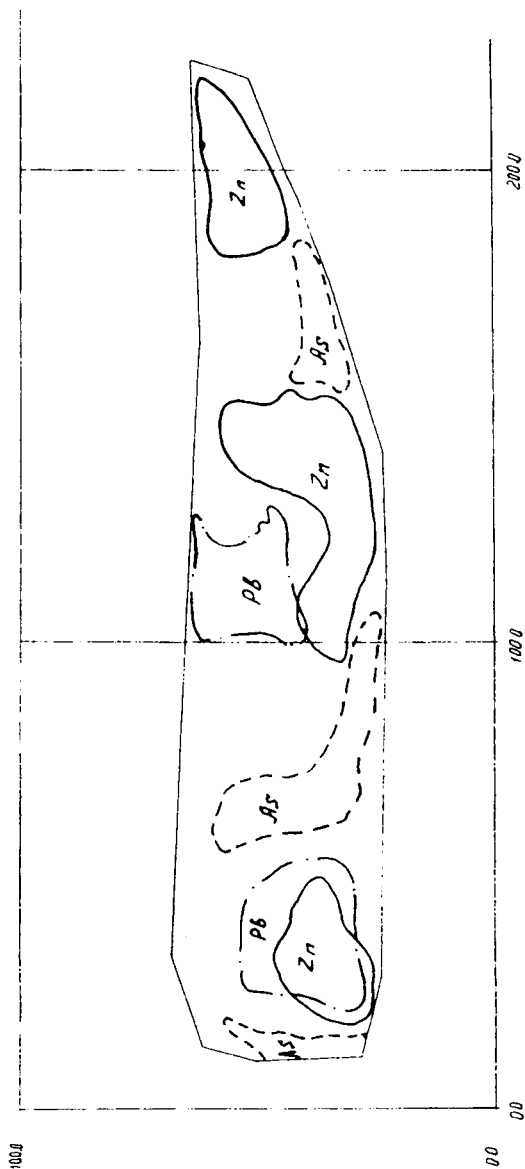


Рис. 1.49. Распределение максимумов концентраций свинца (0,1%), цинка (0,4%), мышьяка (100 г/т) в новом хвостохранилище (план, масштаб 1:2000).

- хвостохранилища представляют собой в плане достаточно однородные образования; в разрезе четко наблюдается двуслойное стросение, отражающееся в геомеханических особенностях, позволяющих выделить участки, обогащенные цинком и зоны, представляющие экологическую опасность (обогащенные мышьяком);
- вещественный состав «старого» и «нового» хвостохранилищ заметно отличается, что является результатом изменения качества руд в процессе отработки месторождения;
- масштабы загрязнения района хвостохранилища мышьяком, свинцом и цинком весьма значительны.

Возможности графической интерпретации геохимических полей, вытекающие из условий конечности, однозначности, непрерывности и плавности функции, можно использовать для анализа распределения некоторых технологических показателей хвостов, например, гранулярного состава, что рассмотрено ниже для хвостохранилищ Ковдорского ГОКа.

Рекомендации по инженерно-геологическому районированию территорий хвостохранилищ предусматривают обязательный учет изменения во времени несущей способности намывных техногенных массивов, пляжных, промежуточных и прудковых зон гидроотвалов. Материалы районирования (графики и карты) используются для обоснования размещения дополнительных объемов гидравлической или сухой вскрыши в контурах заполненных или действующих сооружений и ускоренной подготовки техногенных массивов к разработке или рекультивации.

Так, отбор песков из техногенных массивов возможен при секционном формировании хвостохранилищ еще в период их возведения. Необходимо, учитывая данные оперативного геомеханического контроля, оценивать устойчивость откосных сооружений из средне-крупнозернистых материалов, а затем определять порядок отбора песка, который позволит сохранять нормативный коэффициент запаса прочности за счет снижения влияния сил гидростатического взвешивания и гидродинамического давления, уплотнения слоя в тонкодисперсных грунтах и поэтапной разгрузки призмы активного давления в пределах потенциальных оползневых тел. Таким образом, послойное графическое отображение раскладки хвостов по крупности (по фракциям зернового состава) на картах намыва хвостохранилищ является одним из важнейших элементов геолого-технологического картирования и позволяет рассматривать процесс формирования тех-

ногенного массива во времени. Целенаправленная укладка хвостов (путем управления процессом выпуска пульпы) позволит обеспечить выполнение рекомендаций по инженерно-геологическому районированию хвостохранилищ, изменению несущей способности зон гидроотвалов и формирование заданной геолого-геохимической зональности техногенных массивов.

В процессе формирования хвостохранилищ при воздействии контрастных колебаний температур и атмосферных осадков произошло перераспределение вещества: более тонкая глинистая фракция была вытеснена в нижние части хвостохранилища.

Скопившиеся в настоящее время значительные объемы отходов рудообогащения Ковдорского ГОКа, динамика их роста, затраты на складирование, размеры площадей под хвостохранилища, возможность получения различных товарных продуктов из хвостов указывают на необходимость их комплексного геологического изучения. За время существования ГОКа в хвостохранилище поступило около 60 млн. т хвостов. Запасы хвостов магнитной сепарации, обогащенные апатитом и бадделейтом, сформировались в результате 14-летнего сброса в хвостохранилище отходов железных руд. Гидроукладка хвостов в долину осуществлялась без расчистки площади от лесостоя (высота деревьев до 15 м), что осложнит добычу хвостов при повторной переработке.

Площадь хвостохранилища (сго первого поля), включая водную акваторию - 2,5 км², длина по долине - 4 км, ширина в районе нижней ограждающей дамбы - 1 км, в верховьях долины - 150 м; около 95% количества накопленных хвостов располагается в нижней придамбовой части (пляжная зона)). Площадь залежи составляет 1,2 км² при длине 2 км; вертикальная мощность достигает 35 м; форма и размеры залежи определяются рельефом погребенной и практически плоской поверхностной плоскостями.

Складированные хвосты мокрой магнитной сепарации (ММС) - песчаный материал, около 95% зерен которого крупностью менее 0,6 мм, в том числе 53,9% частицы размером менее 0,14 мм, причем их количество не имеет тенденции к увеличению в сторону водной акватории. Гранулярный анализ материала по глубине скважин показал значительные колебания крупности зерен (содержание класса 0,074 мм составляет 14,5-42,1%) при отсутствии какой либо закономерности изменчивости.

«Лежалые» хвосты близки по минеральному составу хвостам ММС текущего производства, но апатит в них в значительной мере окислен. Основные минеральные компоненты хвостов: апатит - 25-300%, форстерит - 26,3-31%, кальцит - 14,3-20,2%, доломит - 7,7-

8,6%, флогопит - 10,8-15,3%, диопсид - 1,1-1,6%, магнетит - 1,0-1,9%, а также нефелин, хлорит, шпинель, гранат, сульфиды, бадделит, содержание которых менее одного процента.

Химический состав складированных хвостов MMC: P_2O_5 - 12,48%, CO_2 - 11,38%, CaO - 27,83%, MgO - 20,08%, ZrO_2 - 0,31%, S - 0,23%, Fe - 3,98%, SiO_2 - 16%, Nb_2O_5 - 0,28%.

Отмечается ряд особенностей минерального состава хвостов. Содержание апатита возрастает сверху вниз по разрезу, содержание P_2O_5 колеблется от 7 до 14%. Возрастание содержания апатита с глубиной объясняется, во-первых, вводом в действие апатит-бадделитовой обогатительной фабрики (АБОФ) в 1975 году и началом извлечения из Ковдорских руд апатита; во-вторых, его миграцией в водных растворах по направлению естественного стока. Аналогично поведению апатита и распределению общего железа с глубиной, распределение карбонатов имеет обратную тенденцию. Аномальные содержания P_2O_5 (до 18%) в придамбовой части залежи отчасти объясняются размещением апатитовых концентратов и других фосфорных продуктов, полученных в период пуска АБОФ.

Для «лежалых» хвостов характерно присутствие в них частично ожелезненного апатита, покрытого трещинами, а также наличие апатита неправильной игольчатой формы, что отрицательно влияет на флотационные свойства минерала. Часть зерен апатита покрыта тонкими карбонатными частицами, что также ухудшает флотационные свойства.

Фосфор в хвостах связан с апатитом и частично с карбонат-содержащим фторапатитом, магний - с форстеритом (в основном), доломитом и слюдой. Значимая положительная корреляционная связь между MgO и SiO_2 свидетельствует о вхождении большей части магнезиальной составляющей в силикаты; между P_2O_5 и CO_2 - обратная зависимость (чем богаче апатитовый концентрат, тем меньше в нем карбонатной составляющей).

Среднее содержание P_2O_5 (12,48%) в хвостах MMC несколько выше, чем его содержание в хвостах (11-12%), направляемых с АБОФ-1 Ковдорского ГОКа.

Характеристика гранулярного состава хвостов и содержаний в них важнейших компонентов приведена в табл. I.36.

Выявленная общая закономерность согласуется с данными табл. I.36, откуда видно, что с глубиной размеры материала хвостов уменьшаются. Не исключено, что помимо прочих причин, дифференциация крупности хвостов по мощности связана с сезонными колебаниями температуры, т.е. глубиной промерзания.

ТАБЛИЦА 1.36
ЗАПАСЫ И КАЧЕСТВО ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ, НАКОПЛЕННЫХ В I ПОЛЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА
КОВДОРСКОГО ГОКА (ПО ДАННЫМ КОВДОРСКОЙ ГРП, 1988)

Слой (отмет- ки абсолют- ной высоты, м)	Запасы, тыс. т	Содержание компонентов, масс. %				Гранулярный состав, по фракциям, %					
		P2O5	Feобщ	CO2	MgO	+3.0	3.0-4.0	1.0-0.5	0.5-0.14	0.14-0.074	0.074
		ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ БЛОК									
+285	8476.5	8.67	4.02	9.29	24.15	0.27	1.68	5.57	43.58	26.78	16.12
+285 - +278	139979.6	10.23	3.45	11.61	21.29	0.22	0.99	4.20	41.08	29.96	23.55
+279 - + 273	13751.2	10.95	3.48	12.06	20.17	0.18	0.64	2.99	32.83	32.25	31.11
+ 273 - +267	12063.6	11.69	3.80	11.23	20.08	0.10	0.40	2.26	20.42	30.85	35.97
+ 267 - +261	7430.1	12.30	4.24	10.07	20.30	0.07	0.50	1.97	31.44	29.31	36.91
+261 - +255	2573.5	12.31	5.05	8.61	20.89	0.08	0.31	2.33	33.73	28.68	34.87
- + 255	182.8	12.27	5.09	9.30	21.11	0.03	0.30	3.08	38.93	27.78	31.88
Итого по блоку	58457.3	10.8	3.79	10.97	21.05	0.17	0.77	3.34	36.61	30.07	29.04
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ БЛОК											
+285	1370.3	9.45	4.13	8.28	23.88	0.19	1.57	5.30	44.31	23.58	25.05
+285 - +279	3784.3	10.47	3.80	9.79	21.66	0.37	1.63	4.89	34.48	26.85	31.78
+279 - +273	3436.4	10.98	3.43	11.95	20.40	0.69	2.05	6.11	38,11	26.79	26.25
- +273	1151.6	11.24	3.36	12.66	19.05	0.48	1.01	3.29	27.89	26.80	40.53
Итого по блоку	9742.6	10.60	3.66	10.68	21.22	0.47	1.70	5.19	36.36	26.36	29.32
Всего по месторожде- нию	68199.8	10.79	3.77	10.93	21.07	0.21	0.90	3.60	36.58	29.54	29,17

Бадделеит в основном содержится в тонких классах (до 80 % в классе крупности 0,05 мм), в которых сосредоточена и значительная часть слюды (логопита). К тонким фракциям хвостов приурочены наиболее высокие концентрации карбонатов (преимущественно кальцит).

Исследование изменчивости вещественного и гранулярного состава хвостов по площади и на глубину проведено с целью выработки рекомендаций по усреднению качества вторичных ресурсов при их добыче и переработке, а также для выделения зон пыления в верхнем слое, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Залесь хвостов, разделенная водной акваторией на два блока (юго-восточный и северо-западный), разведана вертикальными скважинами шнекового и ударно-канатного бурения с пересечением толщи хвостов на всю мощность. Шнековые скважины бурились по сети 100х100 м, ударно-канатные - 200х200 м. Всего пройдено 99 шнековых скважин при средней глубине 25 м и 13 ударно-канатных при средней глубине 25 м. Опробование проводилось по всему разрезу секциями длиной первоначально - 1 м, а затем, после установления сравнительной однородности разреза, - 3 м. Помимо опробования на железо общее, пятиокись фосфора, окись кальция, уголекислоту и двуокись циркония, по рядовым пробам выполнен ситовый анализ с целью определения гранулярного состава.

Объем первичной геологической документации данных опробования и ситового анализа позволил проанализировать латеральную и по мощности залежи зональность для нескольких слоев мощностью 6 м, которые выделены в соответствии с предполагаемыми уступами отработки техногенного месторождения.

Статистические характеристики распределения P_2O_5 , бадделеита и гранулярного состава определены для слоев +285, +279 и +255, из которых первые два - самые верхние, а последний - нижний. Гистограммы распределения и основные статистики по P_2O_5 и бадделеиту позволяют сделать вывод об увеличении содержания и однородности P_2O_5 и ZrO_2 с глубиной. Это связано с тем, что вначале эксплуатации месторождения из руды, обогащаемой по схеме мокрой магнитной сепарации, извлекалось только железо, а апатит оставался в хвостах. Бимодальное распределение P_2O_5 в слое 285, вероятно, отражает наличие в техногенном массиве двух видов хвостов, поступающих с разных обогащательных фабрик (ММС и АБОФ), а также складирование апатитовых концентратов и других продуктов в придамбовой зоне в период отладки работы АБОФ.

Послойные карты распределения P_2O_5 , ZrO_2 и их дисперсий имеют сложные «шишковатые» структуры, где максимумы концентраций P_2O_5 (кроме самого верхнего слоя +285) не совпадают с выпусками пульпопроводов, что свидетельствует о миграции P_2O_5 в глыбках слоев.

Хвостохранилище - квазиоднородный объект, в котором распределение полезных компонентов сверху вниз по разрезу становится более однородным, что фиксируется дисперсией и значениями коэффициентов вариации показателей (табл. 1.37).

ТАБЛИЦА 1.37

ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИКИ В СЛОЯХ ХВОСТОХРАНИЛИЩА
КОВДОРСКОГО ГОКА

Слой	Среднее содержание, %		Дисперсия, %		Коэфф. вариации, %	
	P_2O_5	ZrO_2	P_2O_5	ZrO_2	P_2O_5	ZrO_2
+285	10,12	0,37	3,63	0,06	18	67
+279	11,13	0,35	2,51	0,05	14	51
+255	12,35	0,34	1,37	0,07	9	24

Структуры полей распределения фракций зернового состава в исследованных слоях имеют четко выраженный линейный характер. Эти структуры сформированы рассредоточенным выпуском пульпы одновременно из 15-20 выпусков, расположенных в магистральном пульпопроводе. Гранулярная дифференциация (тренд) хвостов, от грубых фракций близ выпусков магистральных пульпопроводов и дамб до самых тонких - в прудковой зоне, характерна для всех изученных слоев.

Интересно отметить, что площади распространения наиболее тонких фракций хвостов в значительной мере и с большой степенью подобия контуров перекрываются площадями распространения максимальных содержаний бадделеита, что подтверждается установленной линейной корреляционной зависимостью между этими признаками во всех изученных слоях. Напротив, контуры распространения грубых фракций хвостов в значительной степени перекрываются контурами высоких содержаний P_2O_5 , что подтверждается значимыми коэффициентами корреляции Пирсона для верхних слоев +285 и +279. В слое +255 корреляционная связь между этими признаками отсутствует, что возможно объясняется

перераспределением P_2O_5 и изменением гранулярного состава на глубоких горизонтах хвостохранилища.

Анализ данных по обогащению хвостов, корреляционных связей между компонентами, статистических характеристик, гистограмм, вариограмм и карт распределения содержаний компонентов и классов крупности позволил сделать вывод, что для производства кондиционного апатитового концентрата необходимо выделять участки грубых фракций, характеризующиеся низкими содержаниями карбонатов, общего железа и высокими содержаниями апатита.

Гранулометрическая характеристика «лежалых» хвостов и распределение компонентов по классам крупности показывают: бадделит концентрируется преимущественно в классе 0,074 мм, что свидетельствует о его достаточном перемелении. Геометризация участков тонких фракций позволит установить зоны с максимальным содержанием бадделита для последующей селективной выемки и переработки.

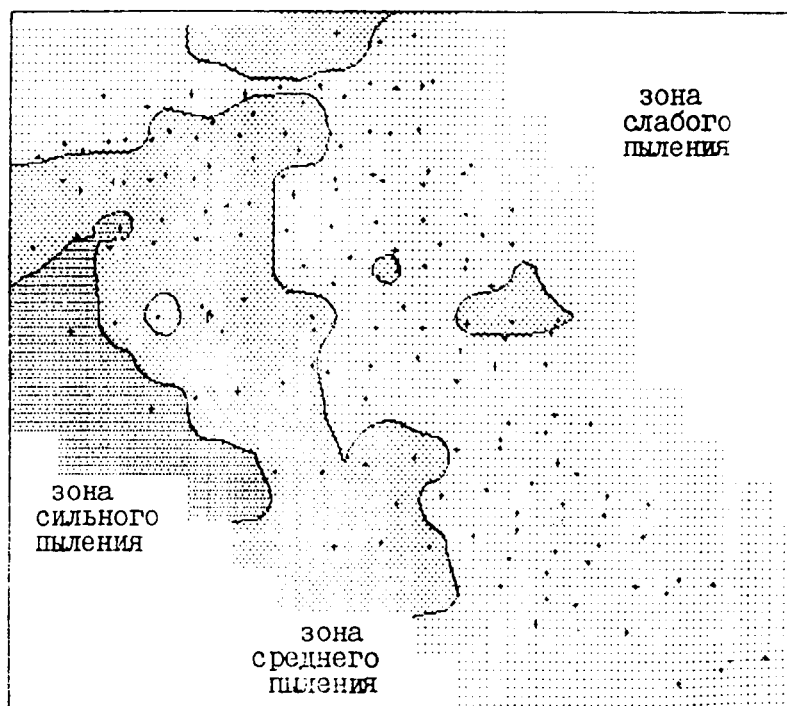
Таким образом, хвостохранилище Ковдорского ГОКа представляет собой анизотропный техногенный намывной массив, который характеризуется послойной латеральной зональностью полезных компонентов (P_2O_5 и ZrO_2) и гранулярного состава. Выявление взаимозависимости являются основой для проведения геолого-технологического картирования отходов обогащения с целью их повторной переработки и доизвлечения полезных компонентов. Карты распределения фракций крупности в верхнем слое позволяют выделить экологически опасные зоны пыления.

На поверхности хвостохранилища Ковдорского ГОКа были выделены зоны слабо- до 20 %, средне- до 40 % и сильнопылящие - свыше 40 % частиц пылеватой размерности менее 0,05 мм (рис. 1.50).

По результатам геолого-экологического картирования можно определить объемы уноса пылеватых частиц в единицу времени (год) и масштабы техногенных ореолов рассеивания.

Консультационным бюро «Тришлер и Партнер» (Эрфурт) выполнены комплексные исследования территорий бывшей калийной шахты в Тойчентале (Kalimag GmbH) с целью выявления степени загрязнения почвы, грунтовых вод и воздуха, а также определения характера и масштаба охранных и восстановительных работ на нарушенной территории.

Комплекс исследований предусматривал оценку состояния отдельных объектов территорий, рассматриваемых как площади потенциального (подозреваемого) загрязнения и установление степени взаимовлияния перечисленных объектов на общую загрязненность.



Объект : Слой 285 . План.

Рис. 1.50 Зоны различной интенсивности пыления.

ТАБЛИЦА 1.38

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВЕДОК

Исследуемые и подозреваемые объекты	Исследованный потенциал вредных веществ	Результаты
Исследование в общей сложности 22 подозреваемых площадей (открытых территорий и площадей в зданиях))	Исследование наличия легковолетучих и туголетучих углеводородов на 16 площадях. Исследование наличия тяжелых металлов на 11 площадях. Исследование наличия специфических химикатов на 4 площадях (например, гидразин, диоксин, диброметан). Исследование содержания соли	На 5 площадях в значительном объеме. На одной площади в значительном объеме. На 4 площадях имеется повышенное местонахождение тяжелых металлов (Hg, Pb, Cd, Cu) Местонахождение на всех исследованных площадях в значительном объеме. На 3 площадях в значительном объеме.
4 свалки	Анализ засоления окружающей среды Изучение влияния других соотложенных материалов - на 2 местонахождения: тяжелых металлов - на одном местонахождении: углеводородов	Общие результаты показали отложение соли в отвалах через фильтрационную воду. В одном случае открылось интенсивное засоление расположенных спереди площадей - в соответствии с вредными веществами неизвестного происхождения. На обоих местонахождениях было установлено содержание ртути в значительном объеме. Отсутствие вредных веществ в значительном объеме.
Исследование поверхностных вод на 5 местонахождениях	Исследование повышенного содержания солей: Установление наличия углеводородов. Установление наличия фенола. Установление наличия способных к абсорбции органических компонентов.	3 водоема содержат соли в значительном объеме. 3 водоема содержат их в значительном объеме. Вредное вещество имеется в одном водоеме в значительном объеме. Вредные вещества имеются в трех водоемах в значительном объеме.

Ретроспективный анализ производственной деятельности в районе, позволил документально обосновать наличие потенциальных территорий-загрязнителей, составить перечень возможных вредных веществ, наметить состав и объем полевых и лабораторных исследований [Х.Чешлок]. Последующие исследования, включавшие кернозондирование почвы и воздуха, устройство пунктов для отбора грунтовых вод, отбор проб почв, воды и отложений водоемов с последующим химическим анализом на выявление вредных веществ, позволили установить опасные по загрязнению зоны, а также определить основные загрязняющие вещества. В качестве критериев оценки загрязнения территории использовались следующие стандарты: список средненемецкой индустрии по производству калия, нидерландский список для оценки загрязнения почв, берлинский список для оценки загрязнения почв и грунтовой воды, общие предписания местной администрации о минимальных требованиях при спуске сточных вод в водоемы, оценка загрязнений водоемов с биологической точки по классификации бывшего калийного комбината. Основные результаты выполненных исследований представлены в табл. 1.38.

При разработке предохранительных и восстановительных мероприятий принималось во внимание, что имеющийся уровень засоленности почв, особенно в районе отвалов, в течение долгого времени не снизится, восстановить первоначальный ландшафт невозможно, на ландшафт отрицательно воздействуют отвалы, загрязненные территории после восстановления можно использовать лишь как промышленные объекты.

1. Геоэкологический контроль

В зоне функционирования объектов отвального хозяйства происходят существенные изменения геологической среды на участках размещения техногенных массивов (отвалов горных пород, некондиционных полезных ископаемых и хвостохранилищ), а также нарушения почвенного покрова и загрязнение окружающей среды токсичными элементами. Объемы техногенных массивов и их состояние определяют площади участков нарушения земель; технология формирования гидроотвалов и хвостохранилищ влияет на сроки их рекультивации и возможность оборотного использования водных ресурсов и др.

Рациональность и эффективность использования ресурсов геологической среды основывается на знании предельно допустимых норм их эксплуатации, при этом состояние окружающей среды обычно оценивают по отдельным аналитическим или интегральным показателям, используя в качестве критериев такие показатели как предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ или предельно допустимые экологические нагрузки (ПДН).

Из всех природных объектов, почвы и почвогрунты урбанизированных территорий, являясь своего рода буферной системой, способной к аккумуляции различных элементов наиболее точно отражают степень антропогенных загрязнений территорий. Основной оценкой степени загрязнения почв, как и других природных сред, остается количественный показатель их элементного состава. Диапазон относительного содержания микроэлементов в почвах весьма широк (рис. 1.51). Рассматривая токсичное воздействие элементов, находящихся в почвах на растения, Н.Боуэн разделил все элементы на три класса:

- сильнотоксичные; симптомы токсичности проявляются при концентрациях в почве менее 1 мг/кг (Cu, Hg, Cd);
- среднетоксичные; симптомы токсичности проявляются при концентрации в веществе 1-100 мг/кг (большинство элементов III, V, VI групп периодической таблицы);
- слаботоксичные (галогены, азот, фосфор, сера, титан, щелочные металлы, редкие земли).

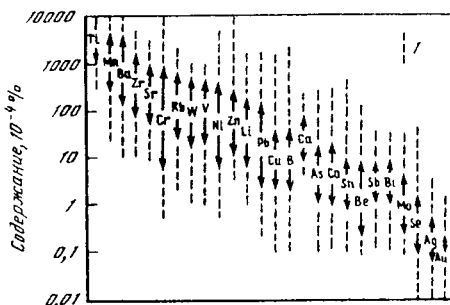


Рис. 1.51 Относительные содержания микроэлементов в почвах
1 — предельные значения

Относительная токсичность химических элементов представлена на рис. 1.52.

Концентрации элементов в различных горизонтах почвенного профиля непостоянны, поэтому необходимо проводить отбор проб из одного и того же почвенного горизонта. Следует обращать внимание на фракционный состав почв, т.к. концентрации элементов больше в тонкозернистых (размер частиц менее 1 мкм) глинистых фракциях почв, в которых отмечается до 60-80% общего содержания микроэлементов, что связано с их высокой сорбционной и ионообменной способностью. Имеют значение также кислотно-щелочные (Ph) и окислительно-восстановительные (Eh) условия почв и содержание в них гумуса. Установлено, что ионообменные способности гумуса значительно выше, чем у глины, и гумус способен образовывать металлоорганические комплексы, особенно при высоких значениях Ph. Эти металлоорганические соединения слабо растворяются в воде и хорошо в кислотах и щелочах. При этом среди гумусовых соединений выделяются две группы - фульвовые и гуминовые кислоты. Фульваты легко вымываются из почвы, тогда как гуминовые соединения плохо или совсем нерастворимы в воде, но хорошо - в щелочных растворах. В солях гуминовых кислот концентрируются Y, Zn, Co, Mn и Cr, что способствует их накоплению в высоко гумусированных почвах и загрязняет последние.

Периоды	Группы элементов									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I	H									
II	Li	Be	B	C	N	O	F			
III	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl			
IV	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
V	Cu	Zn	Ga	Cd	As	Se	Br			
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd
VI	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt
VII	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			
	Fr	Ra	Ac	Ku						

Рис. 1.52 Относительная токсичность элементов

1 - сильнотоксичные элементы (ПДК менее 0,01 мг/кг);
 2 - среднетоксичные элементы (ПДК - 0,1-0,01 мг/кг);
 3 - слаботоксичные элементы (ПДК - 0,3-0,1 мг/кг);
 4, 5 - биофильные элементы (ПДК - 0,3-1,0 и более)

Носителями основной массы рассеянных элементов в атмосфере служат аэрозоли. Оценка загрязнения воздушной среды производится на основе ПДК вредного вещества в воздухе, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не может вызвать у человека каких-либо патологических изменений или заболеваний. В приземном слое воздуха над областями, свободными от воздействия промышленных предприятий, имеют место следующие ряды концентраций элементов (в мг/м³): Zn>Cu>Mn>Cr>V>Ni - п.10; Cd>Sc>0 - п; Hg - 1-2 ; Sb - около 1; Sc - 0,1-1,0. При взаимодействии твердых веществ аэрозолей с водой они активно гидратируются и частично распространяются, обедняясь подвижными элементами. В первую очередь, в водные растворы переходят и мигрируют сера, кальций, магний, натрий, стронций, барий; менее подвижны Mn, Fe, Ti, Pb, Cd и др. В целом в раствор переходит от 0,1 до 2,0% общего содержания элементов вещества.

Вода является основным фактором миграции и перераспределения химических элементов на земной поверхности. Загрязняющие вещества могут переноситься в воде, в основном, в виде истинных или коллоидных растворов, либо в форме взвесей. Принципы оценки загрязнения природных вод должны основываться на всем арсенале гидрогеохимических методов поисков. Следует отметить, что до сих пор не решена проблема ПДК элементов, необходимых для интерпретации техногенных аномалий. Существующие ПДК микроэлементов природных вод практически являются неприспелыми, так как нормируемые в настоящее время полные формы некоторых элементов вообще не существуют в природе, а часть химических элементов мигрируют в форме взвесей, что практически не учитывалось, так как ПДК разрабатывались в экспериментах с водорастворимыми формами. Так как использование ПДК для оценки техногенных аномалий часто не имеет смысла, а кларки микроэлементов для речных вод отсутствуют, то при оценке техногенного загрязнения следует пользоваться местными и региональными фоновыми значениями, установление которых требует постановки специальных исследований.

С целью уменьшения вредного воздействия отвалных массивов на общую экологию района необходимо осуществлять природоохранные мероприятия, предусматривающие сокращение отрицательного воздействия сточных вод, выбросов вредных веществ в атмосферу, а также твердых отходов, обогащенных токсичными химическими элементами.

Природоохранные мероприятия, ориентированные на сокращение вредного воздействия твердых отходов, должны вклю-

чать геохимические исследования, направленные на выявление характера распределения токсичных элементов-примесей как в продуктах обогащения руд, так и в первичных геохимических ореолах во вмещающих породах. Блоки окolorудных пород вскрыши с первичными содержаниями токсичных элементов выше ПДК в почвах, с содержаниями сульфидной серы более 10% или с контрастно-высокими (в 5-10 раз выше фоновых уровней) концентрациями химических элементов требуют отдельного учета. Такие породы следует использовать для закладки горных выработок, что уменьшает объем и токсичность породных отвалов и ни в коем случае нельзя применять как строительные материалы при инженерном обустройстве местностей. В случае необходимости размещения этих пород на дневной поверхности, следует предусмотреть наиболее безопасную форму отвалов и систему изоляции от поверхностных и подземных вод. В частности, для пылящих токсичных отходов непригодны гребневидные и конические формы отвалов, и целесообразны системы внутреннего отвалообразования. Для уменьшения пыления отвалов применяют обработку их поверхностей пылесвязывающими веществами - мазутом, универсином и т.п. Для более полной изоляции токсичных отвалов можно рекомендовать создание искусственных техногенных барьеров карбонатного или глинисто-карбонатного типа, препятствующих разносу элементов загрязнителей водным путем в результате размывания атмосферными осадками или талыми водами.

Особую опасность представляют отвалы хвостов рудообогащения, сложенные мелкодисперсными легко окисляющимися при выветривании материалами. Очень часто хвостохранилища вынуждено размещаются на породах, плохо изолирующих подземные водоносные горизонты, а от поверхностных водотоков они отделяются дамбами, не препятствующими фильтрации растворенных солей.

Для хвостов обогащения с высоким содержанием токсичных химических элементов, низким содержанием карбонатов и повышенным содержанием сульфидной серы (10%) необходимо создавать условия (геохимические барьеры), препятствующие интенсивной миграции химических элементов. Наиболее просто эта цель может быть достигнута смешением или переслаиванием хвостов с карбонатно-глинистым материалом - так называемые внутренние геохимические барьеры, приводящие к связыванию токсичных элементов в химические соединения с одновременным созданием по внешнему контуру хранилища «рубашки» того же типа, изолирующую чашу хвостохранилища и препятствующую

проникновению элементов-загрязнителей в окружающее пространство.

Значительным источником загрязнения вод в горнорудных районах являются промышленные воды. В настоящее время обычно производится сбор этих вод в пруды-накопители или отстойники с последующим сбросом в поверхностные водные системы или использованием в технологических процессах. Загрязнение водных систем продуктами водоотлива может быть таково, что отрицательное экологическое влияние прослеживается далеко за пределами горного предприятия и охватывает крупные районы. Опыты показывают, что только каскад комплексных очистных сооружений – механических, физико-химических и биологических может уменьшить вредное воздействие сточных вод. Геохимический анализ показывает эффективность оборудования прудов-отстойников искусственными геохимическими барьерами карбонатно-сорбционного типа, участвующими в очистке воды и экранирующими подземные водоносные горизонты от сточных вод.

Изучение характера и особенностей воздействия техногенных массивов, а также установление закономерностей изменения геологической среды (горных пород и почв, слагающих верхнюю часть земной коры) достигается путем организации специальной информационной системы (мониторинга). Мониторинг техногенных массивов представляет собой комплексную информационную систему, включающую мониторинг геологической среды (литомониторинг) и мониторинг природных экосистем, составляющих окружающую среду. Мониторинг предполагает наблюдение и контроль за состоянием отвальных массивов и окружающей среды, их оценку, прогноз развития во времени и пространстве, а также разработку системы мероприятий по управлению состоянием техногенного объекта и охране окружающей среды.

Мониторинг выполняют поэтапно, решая при этом следующие задачи:

- определение компонентов эксплуатируемой геологической среды (зон, участков) для горнопромышленного района и оценка их фонового или техногенного количества и качества;
- выбор методов наблюдения (контроля) за изменениями состояния отдельных компонентов геологической среды;
- организация, проведение и обработка результатов наблюдений и контроля (аэрофотометрического, геодезического,

маркшейдерского, геомеханического, гидрогеологического и геохимического);

- установление закономерностей изменения и прогноз состояния техногенных объектов и окружающей среды;
- сопоставление данных прогноза с ПДН и ПДК и разработка рекомендаций по рациональному использованию компонентов геологической среды на основе управления инженерно-геологическими и геохимическими процессами в отвальных массивах.

Эффективная система мониторинга техногенных массивов и окружающей среды может быть осуществлена только при самой широкой опоре на тематическую графику, на автоматизированные методы ее создания и использования, на фонды картографической информации. Картографический мониторинг должен состоять из следующих основных блоков:

- блок (фонд) исходной (базовой) картографической информации, включающий серии тематических карт природных условий, промышленного использования территории, состояния отвальных массивов и компонентов окружающей среды;
- блок оценочно-прогнозной информации, содержащий карты оценки наблюдаемых процессов, прогноза их развития во времени и пространстве, а также рекомендуемую графику, определяющую систему мер по контролю и управлению состоянием техногенного объекта и окружающей среды;
- блок оперативного прогноза и контроля, используемый для составления оперативных карт развития инженерно-геологических процессов, условий их распространения и мероприятий по контролю;
- блок картографических данных, позволяющий оценивать результаты изменений, происшедших в окружающей среде, их влияние на хозяйственную деятельность и использование территорий, наметить долгосрочные мероприятия по преодолению отрицательных последствий инженерно-геологических процессов.

Система геохимических исследований составляет основную часть мониторинга техногенных массивов и окружающей среды.

Материалы, полученные в результате эколого-геохимических исследований, дополненные гидрометеорологическими сведениями в совокупности с результатами инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий как на месторождении, так и в районах размещения отвалов и хвостохранилищ, служат фактическими данными для разработки природоохранных мероприятий и экологически безопасного функционального планирования территорий проектируемых ГОКов.

В состав исследований по оценке территорий как природной эколого-геохимической аномалии, способной оказывать отрицательное влияние на окружающую среду, входят:

- детальное количественное изучение распределения в рудах макроэлементов и комплекса токсичных элементов-спутников и элементов-примесей с целью выделения блоков пород по распределению в них токсичных элементов, микроэлементов и компонентов, влияющих на миграцию химических элементов (концентрации сульфидной серы, карбонатов, глинистых веществ и др.);
- детальное количественное изучение перераспределения токсичных элементов в корках выветривания, что позволит прогнозировать их вынос;
- составление детальных (1:10000-1:5000) геохимических карт распределения в почвах основных токсичных элементов для территорий всех планируемых видов землепользования;
- проведение биогеохимического изучения выявленных аномалий в почвах;
- изучение динамики распределения в поверхностных водотоках выявленного комплекса химических элементов-загрязнителей с исследованием форм их нахождения;
- геохимическая съемка состава выпадений из атмосферы;
- оценка состояния атмосферного воздуха на комплекс токсичных металлов;
- оценка уровней содержаний выявленных химических элементов в планируемых источниках водоснабжения;
- изучение фоновых геохимических параметров окружающей среды;
- построение для оцениваемой территории ландшафтно-геохимических карт и детальных геохимических карт

распределения в почвах и грунтах наиболее распространенных и наиболее токсичных (Hg, Cu, Pb, Zn, Cd и т.д.) элементов руд и первичных ареалов с целью выявления территорий, неблагоприятных для жилищного строительства и сельскохозяйственного использования;

- построение детальных карт потоков рассеяния в донных отложениях водотоков и водоемов.

Основным методом изучения степени загрязнения окружающей среды является опробование, которое проводится с целью получения достоверных данных о составе и особенностях загрязняющих веществ. Для изучения источников загрязнения используются разнообразные приемы отбора и обработки проб в зависимости от характера загрязнителей (агрегатное состояние, степень однородности и т.д.) и условий опробования (в отвалах, на потоке и т.д.). Обработка твердых геохимических проб может производиться способами, применяемыми для проб полезных ископаемых, обработка жидких проб - с применением методов гидрохимии. Газовые пробы, обрабатываемые на месте, составляют наиболее трудоемкий вид опробования, требующий максимального технического оснащения. Геохимический мониторинг тяжелых металлов и микроэлементов в природных средах требует непрерывного опробования всех трех контролируемых сред - почвы, воды и воздуха и, соответственно, довольно мощной аналитической базы с преимущественно экспрессными методами определения концентраций элементов-загрязнителей.

При опробовании плотных отложений и отвалов могут быть применены бороздовый, ядерный или шпуровой методы отбора проб. Организация отбора почвенных проб требует обоснования представительного горизонта опробования, определяемого глубиной проникновения элементов-загрязнителей по почвенному профилю. Как правило, максимальная концентрация элементов-загрязнителей приурочена к верхнему горизонту почв мощностью до 10 см. В общем случае следует отбирать пробы из слоя, соответствующего по мощности гумусовому горизонту природных почв. Средний объем почвенной пробы 300-400 г. При подготовке к анализу проба просушивается, растирается в фарфоровых ступках до крупности, предусмотренной видом применяемого анализа; частота отбора проб во времени выбирается конкретно для каждого объекта.

Снеговые пробы отбираются из шурфов, вскрывающих всю мощность снегового покрова. Масса снеговой пробы 5-7 кг, что позволяет получить при оттаивании не менее 3-4 л воды и до 1 кг твердого

материала - пыли. Твердая нерастворимая фракция выделяется путем центрифугирования или фильтрования, просушивается и просеивается для освобождения от посторонних примесей. Отбор проб целесообразнее всего проводить в конце зимы до начала таяния снега, чтобы учесть загрязнение за максимальный отрезок времени. Масса пыли в снеговой пробе служит основой для определения пылевой нагрузки, т.е. для оценки количества твердых выпадений за единицу времени на единицу площади.

Талая вода, в свою очередь, подвергается гидрохимическим исследованиям с целью выявления концентраций элементов-загрязнителей, которые учитываются вместе с содержанием в твердой пылевой фазе.

При контроле поверхностных водотоков, помимо отбора проб воды, опробывают донные осадки. Пробы воды отбирают в специальные емкости (чаще из полиэтилена) и доставляют в лабораторию, где их фильтруют с целью разделения растворенных и взвешенных форм химических элементов. Критерием разделения является ультрафильтрация через мембранные фильтры с диаметром пор 0,3-0,5 мкм. Очень хороши нитроцеллюлозные ультрафильтры, фильтры «СИНПОР» и ядерные фильтры на лавсановой основе «ОИЯИ». Фильтрацию ведут на специальных воронках из оргстекла в вакууме или в атмосфере инертных газов.

Объем проб воды варьирует от 5 до 40-60 л. Часть проб воды большого объема отстаивается в течение суток в белых полиэтиленовых банках с целью получения значительного количества взвеси, используемой для изучения форм нахождения элементов гранулярного и минералогического анализов, а также для определения концентраций тех элементов, которые невозможно исследовать на фильтрах в связи с малыми их содержаниями в навеске. Отстой после слива воды досушивают в сушильных шкафах и анализируют. Для отделения взвесей используют центрифугирование с использованием промышленных сепараторов типа НСМ-3, САЖ-3М, СЦС-3М с тарельчатыми вставками. Таким образом, после предварительной обработки водных проб мы получаем взвесь на фильтрах, отстой или сепарационную взвесь, и фильтрат (часть воды, которая прошла через фильтры). Следует помнить, что даже в твердом материале при хранении возможны различные фазовые превращения химических элементов. В фильтрах же эти процессы приводят к весьма заметным изменениям концентраций и форм нахождения химических элементов. Поэтому анализы взвешенного материала и фильтратов необходимо проводить как можно быстрее, по возможности не прибегая к консервации.

При изучении донных отложений, объем проб которых составляет обычно 200-300 г, помимо анализа их минерального скелета, необходимо знать и состав содержащихся в них вод. Они выделяются под давлением, центрифугированием, отсасыванием под вакуумом, замещением различными жидкостями и т.п.; высушенный донный осадок анализируют как обычное твердое вещество - почвы, почвогрунты, горные породы.

Опробование поверхностных водотоков обычно осуществляют створовым методом, причем периодичность отбора проб определяется для каждого конкретного случая.

Контрольное опробование вод подземных водоносных горизонтов и комплексов подчиняется вышеизложенным принципам и может осуществляться путем отбора проб при контрольных откачках из гидрогеологических скважин и колодцев, действующих в зоне техногенного воздействия ГОКов.

Исследование содержаний химических элементов в атмосферном воздухе является наиболее трудоемким и дорогостоящим процессом. Оно проводится на стационарных, маршрутных и передвижных постах. Стационарные посты служат для проведения систематических наблюдений, их создание наиболее предпочтительно, хотя и дорогостояще. Эти посты оборудуют в специальных павильонах и снабжают необходимой аппаратурой для отбора проб воздуха и приборами для определения метеорологических параметров. На маршрутных постах отбор проб воздуха и метеорологические наблюдения проводят с помощью автолабораторий. Передвижные посты служат для разовых наблюдений в зонах непосредственного влияния промышленных выбросов и их местоположение выбирается каждый раз в зависимости от поставленной задачи и метеословий.

Для отбора проб атмосферного воздуха используются серийные установки типа ЭА-1, ЭА-2, ЭА-2с, ЭА-1А, М-828 и др. Фильтры для улавливания аэрозолей и пыли разделяются по типу материала, из которого они изготавливаются. Например, улавливающие аналитические аэрозольные фильтры АФА-ХА, предназначенные для химического анализа аэрозолей, изготавливают из ацетилцеллюлозы, АФА-ХП - перхлорвинила и т.д.

Для изучения дисперсного состава атмосферных аэрозолей применяются разного типа импакторы, принцип действия которых основан на избирательной сепарации частиц по размерам при пропускании воздуха через ряд последовательных сопл уменьшающегося сечения. Для изучения углеводородной составляющей возду-

ха применяются методы газовой хромофотографии и прочие еще более дорогостоящие приборные методы.

В настоящее время оценка качества проб при геохимическом контроле может осуществляться рядом методов, каждый из которых имеет специфические особенности применения. Выбор оптимальной методики контроля среды зависит от конкретных условий. Особое внимание уделяется введению в состав контрольной аппаратуры высокоинформативных дисплейных систем на базе мини-ЭВМ (в том числе с графовыводом). Получение надежной аналитической информации обусловлено, в первую очередь, чувствительностью применяемых методов анализа, так как фоновые уровни содержания многих элементов в природных средах чрезвычайно низки. Не менее важным условием для целей мониторинга является экономичность, надежность и достаточная простота метода, обеспечивающие воспроизводимость во времени аналитических процедур как мониторинг осуществляется в течение длительного срока.

В настоящее время в программах по изучению окружающей среды наибольшее распространение получили атомно-эмиссионный (АЭ), атомно-абсорбционный (АА) и нейтронно-активационный (НА) методы анализа. Первые два наиболее широко распространены, так как не связаны с облучением проб в атомных реакторах, как в НА-методе. При анализе твердых пород (горные породы, почвы и т.д.) АЭ-метод зарекомендовал себя как экономичный и доступный с достаточно широкими пределами обнаружения элементов, им вполне достоверно устанавливаются концентрации следующих элементов (в пределах 10^{-3} - $10^{-4}\%$) - Al, Si, Mg, Ca, Fe, Ti, Mn, Co, Ni, Sc, Cu, Ga, Ge, Ag, Sn, Pb, Mo, Y, Zr. Несколько более скромные результаты получаются при определении Hg, Zn, As, Cd Sb.

Нейтронно-активационным методом (НА) определяются - Na, Mg, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Al, Ni, As, Pb, Sr, Zr, Sb, Cs, Ga, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tu, Yb, Lu, Hf, Ta.

При анализе проб воды, донных отложений и взвесей на фильтрах НА-методом достоверно определяются низкие (менее $10^{-4}\%$) концентрации Al, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Se, Br, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Sm, Ce, Eu, Yt, Hf, Hg, Th, U.

С использованием АА-метода в водных пробах контролируют Na, Mg, K, Ca, Pb, Cu.

АЭ-методом измеряют Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Ag, Ba, Pb.

Опыт использования комплекса перечисленных аналитических методов при изучении микроэлементов в природных средах и техногенных объектах с целью организации мониторинга показал, что их

сочетание позволяет получать данные о широком диапазоне концентраций, что чрезвычайно важно в связи с часто низким содержанием элементов в природных средах.

Для анализа состава жидких сред (сточных и природных вод) наибольшее применение находят оптические системы, которые характеризуются высокой насыщенностью средствами вычислительной техники. В настоящее время широкое распространение получила тенденция создания комплексов оптических аналитических приборов (ОАП). Агрегатные комплексы ОАП имеют как упрощенные базовые модели, так и сложные системы с встроеными устройствами автоматического измерения концентрации на основе микро-ЭВМ и дисплейного выхода на оператора. В нашей стране предложен комплекс АСАТ-О, в котором использованы приборы, основанные на методах атомной абсорбции, эмиссии, флуоресценции, спектрофотометрии и др. Широкое распространение получают зарубежные оптические комплексы, предназначенные для многоэлементного анализа жидких сред с высокой скоростью измерений (до 15 элементов за одну минуту при погрешности анализа 2-3%). Точность может быть увеличена путем уменьшения скорости анализа. Анализы проводятся под управление микро-ЭВМ, имеющей несколько режимов работы (в режиме «Анализ» при сканировании спектра автоматически выделяются 80 длин волн; программа «Измерение» обеспечивает контроль концентрации каждого элемента в оптимальных условиях). Миниатюризация оптических датчиков осуществляется за счет применения волоконной оптики. Оптические зонды имеют небольшие размеры (на уровне стандартных рН-метров) и высокие метрологические параметры. Применение оптических методов особенно перспективно в связи с однозначностью и воспроизводимостью результатов, а также возможностью быстрого анализа значительных объемов информации с помощью встроеной ЭВМ.

Автоматические фотоколориметрические приборы периодического действия благодаря высокой разрешающей способности и универсальности получают широкое распространение для избирательного измерения микроконцентраций различных элементов в природных водах. Турбидиметрический и нефелометрический методы используются для контроля концентрации взвешенных частиц и их дисперсного состава. Приборы, созданные на их основе, входят в состав модульных систем для контроля состава как природных, так и промышленных вод.

При анализе показателей качества природных вод наибольшее значение приобретают приборы на основе ионоселективных электродов. По принципу действия они являются электрохимическими преобразователями, потенциал которых нахо-

дится в функциональной зависимости от концентрации тех или иных элементов в растворе. Простота и высокая производительность ионо-селективных датчиков предопределяет их использование в системах геохимического контроля. Перспективной для контроля элементного состава вод является ионная хроматография. Потенциальные возможности метода ионной хроматографии значительны - с его помощью можно анализировать до 100 анионов и до 50 катионов, при этом можно достичь порога концентраций, определяемых в микрограммах на метр.

При контроле качества природных вод по концентрации газов, растворенных в них (кислорода, сероводорода, хлора и др.), целесообразно использовать датчики на основе амперометрического, кондуктометрического или калориметрического методов. Для этих целей могут быть использованы автоматические кислородомеры (типа «Икар», КЛ-115, КЛ-215 и др.) и автоматические анализаторы активного хлора (типа АХС-203). При анализе и контроле качества водных сред целесообразно также применение потенциометрических анализаторов, предназначенных для избирательного измерения активной концентрации определяемых ионов (иономеры). Применяемые в мировой практике иономеры обычно являются многофункциональными автоматическими (на базе встроенных микропроцессоров) приборами, позволяющими одновременно определять концентрацию различных ионов, окислительно-восстановительный потенциал, pH, электропроводность и температуру. Кроме того, они могут использовать большой набор ионоселективных электродов. Наличие устройств автоматической ультразвуковой очистки электродов позволяет активно применять такие модульные системы при контроле высокоминерализованных сточных вод, поступающих в хвостохранилище. Учитывая сложность и взаимосвязанность процессов загрязнения почв, грунтов и вод многокомпонентный макро- и микросостав природных сред, а также необходимость применения различных методов контроля в широком диапазоне концентраций наиболее перспективным направлением является применение автоматизированной аппаратуры геохимического контроля сточных вод, оснащенной вычислительными устройствами, позволяющими значительно уменьшить ошибки измерений и обеспечить высокую производительность анализов. Все это даст возможность достичь требуемой информативности геохимического контроля заданных параметров и обеспечить оптимальность прогнозирования и управления состоянием окружающей среды.

2. Геомеханический контроль

Принципы геомеханического контроля

Геомеханический контроль техногенных массивов производят с целью оперативного получения натурной информации о напряженно-деформированном состоянии пород в массиве, физико-механических свойствах горных пород, устойчивости откосных сооружений, несущей способности естественных и искусственных оснований.

Эффективность контроля достигается реализацией принципов:

1) непрерывности (в ходе многоэтапного процесса построения расчетной модели объекта уровень ее точности возрастает от этапа к этапу):

2) адаптации (расчетная модель и контрольная система взаимно приспособляются в соответствии с новой информацией);

3) обратной связи (эффективность контроля зависит от степени учета требований, вытекающих из предполагаемого напряженно-деформированного состояния массива).

Задачи геомеханического контроля:

- установление положения депрессионных кривых в обводненных массивах на различные моменты времени;
- определение деформаций откосов при помощи наземных инструментальных наблюдений и аэрофотограмметрии;
- определение напряжений в массиве и характера их распределения между минеральным скелетом и поровой водой в водонасыщенных горных породах;
- систематическое определение прочностных, деформационных и водно-физических характеристик горных пород в массиве;
- оперативное установление текущих значений коэффициента запаса устойчивости отвалов;
- определение скорости смещения пород в откосах по результатам маркшейдерской съемки и сопоставление ее значений с критическими.

Достоверная картина «жизни» массива может быть получена на основе анализа непрерывно поступающей натурной информации о составе, строении, состоянии и свойствах насыпных (намывных) грунтов и грунтов основания, дополняемой результатами лабораторных исследований. Использование натуральных методов исследований позволяет исключить или существенно снизить влияние факторов, искажающих показатели свойств грунтов в образце. В соответствии с принципами управления состоянием массива контрольная аппаратура должна закладываться при разведке месторождения и продолжать функционировать после завершения горных работ, обеспечивая тем самым получение широкого и представительного комплекса показателей, характеризующих изменение напряженно-деформированного состояния массива в пространстве и во времени.

Положение уровня воды в теле отвалов и их оснований обычно регистрируют с помощью пьезометров, устанавливаемых в скважинах труб с перфорированным участком - водоприемником. Высота уровня воды определяется «хлопушками» или электрическими уровнемерами. Для контроля обводненности массива могут использоваться также датчики-пьезометры, закладываемые по наиболее ответственным профилям.

Сущность визуальных и инструментальных маркшейдерско-геологических наблюдений состоит в фиксации видимых проявлений нарушения устойчивости откосов, водопроявлений и получении количественных закономерностей деформирования откосов с целью определения скорости, величин деформации откосов и критической величины их смещений, предшествующих началу прогрессивной стадии деформирования откосов. На основании результатов инструментальных наблюдений устанавливается вид границы распространения и дается прогноз развития опасных деформаций откосов во времени. Для оценки эффективности технологии формирования откосов необходимо сочетание перечисленных методов с аэрометодами, позволяющими выполнять инженерно-геологическое районирование отвальных территорий по фотосхемам и безреперную съемку откосов с помощью метода аэрофотограмметрии.

Наблюдательная сеть создается до начала ведения отвальных работ и включает несколько профильных линий. Предварительно закладывают опорные части наблюдательных станций, находящиеся вне зоны влияния деформаций пород основания насыпных сооружений.

Наблюдения на станциях осуществляются периодически путем нивелирования реперов (геометрического или тригонометрического) и измерения расстояний между реперами. Для измерений используются нивелиры и теодолиты различных типов, компарированные рулетки, инварные проволоки, светодальномеры и фототеодолиты.

Периодичность наблюдений зависит от интенсивности ведения горных работ, абсолютного смещения и скорости деформирования насыпного массива. Прекращаются инструментальные наблюдения в случае затухающего характера деформаций откосов и возобновляются - при обнаружении визуальными или упрощенными наблюдениями признаков деформирования горных пород.

Анализ материалов инструментальных наблюдений включает установление зон максимального сжатия, растяжения и сдвигов, которые соответствуют наиболее вероятному формированию поверхности скольжения; установление вида оползня или других деформаций откоса; определение степени опасности деформаций и роли внешних воздействий на устойчивость откосов. По векторам смещений реперов строится поверхность скольжения (рис. 1.53).

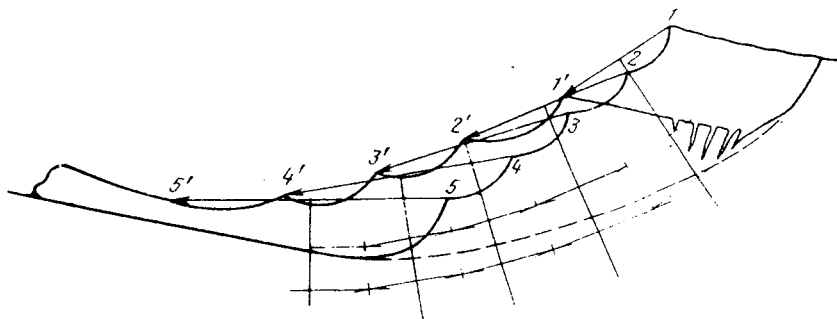


Рис. 1.53 *Схема к определению векторов сдвига и положения поверхности скольжения по результатам обработки аэроснимков:*

*1 - 5 - точки на бровке уступа до оползня; 1' - 5' - то же, после оползня;
1 - 1' - 5 - 5' - векторы сдвига (штриховой линией показано положение отброшенной поверхности скольжения)*

Степень опасности развивающихся деформаций откоса определяется по абсолютному (полному) смещению, скорости смещения, предельным относительным деформациям массива и зависимости изменения скорости смещения от времени стояния откосов.

В соответствии с представлениями структурной механики грунтов принцип оценки устойчивости откосных сооружений дополняется условием, что лимитируемые предельные деформации происходят с определенной скоростью за ограниченный срок службы сооружения. Контроль устойчивости откосов по деформациям предусматривает сопоставление измеренных скоростей смещения с расчетными.

Установление с помощью инструментальных наблюдений контуров оползневых тел и критических (разрушающих) скоростей смещения реперов позволяет выполнить обратные геомеханические расчеты для уточнения характеристик сопротивления сдвигу и параметров сдвиговой ползучести. По значениям измеренных осадок осушаемого массива определяют надежные характеристики депрессионного уплотнения пород.

Геофизические наблюдения за состоянием откосов производят в комплексе с инструментальными маркшейдерско-геодезическими измерениями и используют для оперативного обнаружения изменений, происходящих в массиве и влияющих на устойчивость откосов.

Инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения осуществляют с целью контроля состояния участков массива с неблагоприятно залегающими поверхностями ослабления, установления изменений физико-механических свойств массива, положения уровней подземных вод в откосах и удельных водопритоков, интенсивности выветривания и осыпания горных пород в откосах.

Наиболее трудосемким и технически сложным является геомеханический контроль намывных массивов, к числу основных задач которого относятся:

- определение показателей водно-физических свойств и гранулярного состава намывных грунтов;
- установление положения депрессионной кривой;
- получение характеристик деформируемости и сопротивления сдвигу грунтов тела и оснований сооружений;
- определение вертикальных и горизонтальных смещений ограждающих дамб и внутренних зон намывных массивов;
- оценка устойчивости откосов дамб для различных этапов возведения сооружений;
- установление несущей способности намывных грунтов.

Для решения задач геомеханического контроля используют показатели грунтов (техногенных отложений), количественно оцени-

вающих их состав, состояние и свойства. К показателям состава относят гранулярный состав, коэффициент неоднородности, число пластичности. К показателям, определяющим состояние отложений, относят естественную влажность, коэффициент водонасыщения, плотность минеральных частиц, плотность сухого грунта, сопротивление погружению конуса при статическом зондировании (пенетрации), консистенцию, поровое давление. К показателям, характеризующим свойства отложений, относят сопротивление сдвигу, угол внутреннего трения, сцепление, показатель структурной прочности породы при сдвиге, модуль деформации, коэффициент сжимаемости, коэффициент фильтрации, относительную просадочность.

Натурное определение состояния и свойств отложений

Для получения информации непосредственно в массиве исследования проводят в скважинах или путем внедрения в массив специальных зондов. Среди методов первой группы наибольшее распространение получили прессиометрия, вращательный срез (крыльчатое зондирование), дилатометрия, искиметрия, а также различные виды каротажа (акустический, электрический и др.). Особенностью зондирования является совмещение проходки пород с одновременной регистрацией показателей их состояния и свойств. В зависимости от способа внедрения зонда в массив различают стандартное пенетрационное испытание, статическое и динамическое зондирование, вибронзондирование, а также их комбинации.

Статическое зондирование выполняют путем вдавливания в массив с постоянной скоростью специального зонда с одновременным измерением сопротивления отложений вдавливанию. В результате получают удельное сопротивление зондированию, равное общему усилию, приложенному к наконечнику, отнесенному к площади поперечного сечения наконечника. Конструкции зондов различных установок позволяют одновременно получать другие показатели статического зондирования – сопротивление трению о боковую поверхность зонда или общее сопротивление отложений внедрению зонда.

Метод полевого испытания статическим зондированием предусматривает использование стандартной головки зонда в виде конуса с диаметром основания $d = 36$ мм и углом раскрытия $= 60^\circ$, диаметр штанг 36 мм, скорость зондирования 0,2–2 м/мин.

Динамическое зондирование конусом заключается в забивке (ударами молота) в массив зонда, представляющего собой колонну штанг, оканчивающихся инвентарным (извлекаемым по окончании испытания вместе со штангами) или съемным (остающимся в грунте) коническим наконечником-конусом. Диаметр основания конуса обычно больше диаметра штанг.

Забивку в грунт колонны штанг с конусом, диаметр основания которого равен диаметру штанг, называют испытанием грунтов стержневым зондом. Глубину погружения (забивки) зонда от определенного числа ударов (залога) и числа ударов, затрачиваемых на интервал погружения зонда (обычно 10 см), принято называть показателями зондирования. Наибольшее распространение получила методика испытаний, разработанная в Гидропроекте. Для испытания применяют зонд, состоящий из штанг с наружным диаметром 42 мм, соединенных между собой, и конуса с диаметром основания 74 мм и углом раскрытия 60°.

Для исследования сжимаемости и прочности слабых техногенных отложений могут быть рекомендованы прессиометры, которые обычно состоят из наземного пульта управления и цилиндрического зонда, покрытого резиновой оболочкой, погружаемого в скважину. На заданной глубине в зонд нагнетают газ или жидкость, оболочка расширяется и прилегает к стенкам скважин. По результатам измерения объема рабочего тела рассчитывают величину деформации стенок скважины. Зависимость в виде диаграмм «напряжение-деформация» интерпретируют для получения показателей сжимаемости пород.

Дальнейшее развитие натуральных методов связано с методами пенетрационного каротажа, отличительной особенностью которых является получение информации в ходе задавливания специальных устройств (зондов) в грунтовой массив.

Так, станция для пенетрационного каротажа (СПКТ) представляет собой смонтированный на автомобиле агрегат, включающий устройства по задавливанию в массив зонда, креплению станции в определенном положении, манипулированию рабочим органом и управлению измерительной и регистрирующей аппаратурой. Станция СПКТ позволяет производить нейтрон-нейтронный каротаж (ННК), гамма-каротаж (ГК), гамма-гамма каротаж (ГГК); пенетрацию, а также (сменным зондом) - крыльчатое зондирование и измерение порового давления. Производительность СПКТ - до 200 м/смену.

Возможность беспроводной передачи информации от зонда к наземной аппаратуре позволяет не только увеличить объем передаваемой информации, но и использовать вращательные или другие способы внедрения зонда, что позволяет с принципиально новых позиций решать геомеханический контроль.

При изучении состояния грунтов основания горнотехнических сооружений применяют геофизические методы. Использование методов электроразведки основано на регистрации изменения (уменьшения) электрического сопротивления (удельного и кажущегося) при смачивании грунтов подземными или поверхностными водами. Наибольшее распространение в практике натурных исследований получили методы вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), электропрофилирования (ЭП), заряженного тела (ЗТ), а также группа магнитодинамических методов. Так, по данным Е.Г.Соловьева, метод ВЭЗ хорошо зарекомендовал себя при выявлении путей фильтрации шламовых вод через тело дамбы, отсыпанной глинистыми или другими немагнитными породами. Проведение режимных наблюдений этим методом позволяет обнаруживать и контролировать процесс образования локальных обводненных участков в теле откосного сооружения или основания. Заслуживают внимания радиометрические методы, использующие свойства радиоактивных элементов кларкового содержания растворяться в шламовых водах. Исследования, в ходе которых выявляются пути фильтрации промышленных стоков, могут выполняться на всех типах дамб и видах грунтов основания сооружений.

Для изучения геодинамической обстановки территории ведения намывных работ и оценки устойчивости создаваемых при этом откосных сооружений используют комплексный метод, сочетающий элементы эманационной съемки с сейсмическим методом. Положительные результаты обработки этой методики получены Е.Г.Соловьевым на шламонакопителях Макеевского, Авдеевского, Ясиновского и Мариупольского коксохимических заводов.

Аппаратура для геомеханического контроля намывных сооружений

Наиболее распространенным натурным методом определения показателей прочностных свойств грунтов (φ и C) является крыльчатое зондирование (вращательный срез, лопастные испытания), суть которого заключается в срезе некоторого объема грунта путем поворота наконечника с лопастями, загубленного на штангах

в массив грунта. Наконечник обычно имеет четыре тонкие пластинки, укрепленные на тонком стержне. При вращении, лопасти вырезают в грунте цилиндр диаметром D и высотой H .

Предел прочности на сдвиг определяется из выражения

$$\tau = M/B,$$

где M — соответственно максимальный крутящий момент крыльчатки и штанг;

B — постоянная крыльчатки, учитывающая ее геометрические параметры (диаметр и высоту).

Показатель τ обычно служит для определения значений C и φ , используемыми в инженерных расчетах. При зондировании водонасыщенных отложений текучей и пластичной консистенций, например, намывных породных масс гидроотвалов, их общее сопротивление сдвигу в расчетах принимается равным сцеплению, т.е. $\tau = C$.

Для глинистых грунтов текучей и мягкопластичной консистенции из-за сложности, а в некоторых случаях невозможности отбора ненарушенных образцов, подобные испытания являются практически единственным достоверным методом определения показателей их прочностных свойств.

Натурные измерения порового давления, необходимые при оценке нестабилизированного состояния водонасыщенных грунтов, производят при помощи первичных преобразователей различного типа. Распространение получили датчики порового давления конструкции Гидропроекта (рис. 1.54а), представляющие собой пьезодинамометр, принцип действия которого основан на струнном методе измерения малых деформаций. Пьезодинамометр состоит из мембраны, струны, натянутой между двумя встроенными в мембрану кронштейнами, и электромагнита. Пьезодинамометр устанавливают в полый корпус с перфорацией, заполненной фильтром (пористым камнем), обеспечивающим поступление поровой воды к мембране. Прогиб мембраны вызывает поворот кронштейнов, изменяя начальное напряжение в струне и частоту ее собственных колебаний. Колебания струны вызываются периодически наводимым электромагнитным полем. Вследствие этих колебаний в катушке индуцируется ток, частота которого равна частоте собственных колебаний струны. После усиления, ток преобразуется в колебания звуковой частоты. Для регистрации частоты колебаний струны используют частотомер, установленный на поверхности и связанный с

датчиком электрическим кабелем. В основу работы частотомера положен принцип слушания затухающих собственных колебаний струны датчика на фоне звука генератора. По собственной частоте струны с помощью градуировочной кривой пьезодинамометра определяют поровое давление.

Массовые измерения порового давления в глинистых грунтах обычно производят штанговыми пьезодинамометрами, позволяющими осуществлять как зондирование, так и стационарные измерения порового давления. В процессе экспериментальных исследований в МГГУ разработана конструкция оголовков штанговых пьезодинамометров, обеспечивающая эффективное извлечение их и многократное использование при стационарных измерениях. Для одновременного измерения порового давления в точках, расположенных на различных глубинах, создана конструкция каскадного зонда, обеспечивающая двух-трехкратное ускорение определения степени уплотнения глинистых слоев.

В последние годы в практике инженерных изысканий на намывных объектах широко используют комплексное скважинное зондирование, позволяющее получать информацию о состоянии грунтов (по величине P_u), их прочностных (по величинам (τ, C, φ) и деформацию (по величине модуля деформации E) свойствах. Для этой цели в МГГУ разработаны комбинированные зонды по определению параметров прочностных свойств и величины порового давления, на которые получены патенты России.

Например, зонд комплексного зондирования (рис. I.54 б) включает в себя корпус, продольные лопасти и измеритель порового давления с приемными фильтрами и измерителем давления жидкости с датчиком. В полном корпусе, снабженном коническим наконечником, размещен измеритель давления жидкости и на наружной поверхности закреплены продольные лопасти. Приемные фильтры выполнены в виде пористого камня, заполняющего расположенные между продольными лопастями радиальные отверстия в корпусе устройства.

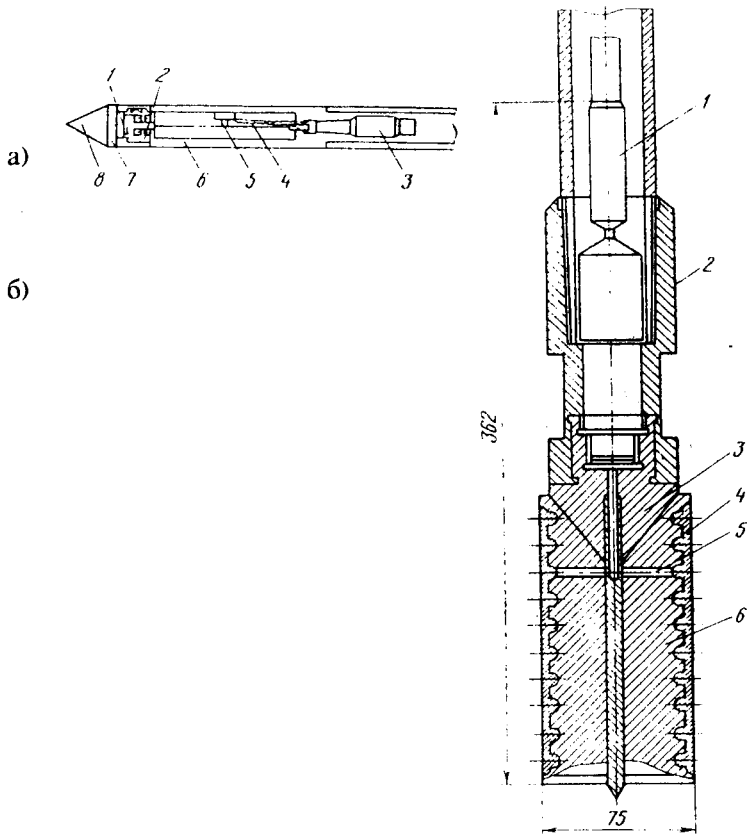


Рис. 1.54 Аппаратура для измерения порового давления

а) схема зонда для измерения порового давления:

1 - мембрана; 2 - полость, заполненная маслом; 3 - кабель; 4 - струна; 5 - электромагнит; 6 - корпус; 7 - пористый камень (фильтр); 8 - наконечник из нержавеющей стали

б) - конструкция устройства для комплексного зондирования намыльных грунтов:

1 - датчик порового давления; 2 - переходник; 3 - корпус; 4 - пористый камень; 5 - гидравлический канал; 6 - лопатка

Для комплексного зондирования предназначена модификация зонда, представляющая собой стальной полый корпус с наконечником, на котором закреплены четыре взаимно перпендикулярные продольные лопасти. Датчик порового давления размещается внутри корпуса и посредством приемных фильтров и каналов в лопастях гидравлически связан с внешней средой, воспринимая давление поровой жидкости. Система каналов и фильтр заполнены невымещающей дегазированной жидкостью, что обеспечивает минимальное время передачи давления в порах грунта на датчик.

В состав стационарных наблюдений входят инструментальные измерения смещений контуров откосных сооружений и приоткосных намывных массивов, измерения порового и общего давления в водонасыщенных грунтах, определение плотности и влажности намывных отложений глубинным гамма-плотномером (ГГП-1) и нейтронным измерителем влажности (НИВ-1). Для определения приведенного коэффициента сжимаемости тонкодисперсных слабоструктурных грунтов в МГГУ разработана методика, основанная на измерении смещения контура измерительных камер, которые создаются по способу ВНИИпромгаза. При использовании этого способа, в исследуемых слоях в скважины помещают сферические или цилиндрические закладные элементы из растворимого материала (каменной соли), заключенные в эластичную водонепроницаемую оболочку (например, из латекса). После стабилизации петростатической нагрузки производят выщелачивание закладного элемента и затем определяют среднее смещение контура измерительной камеры (с помощью контроля объема вытесняемой воды или путем измерения объема камеры специальным каверномером).

Натурные исследования процессов уплотнения глинисто-меловых масс намывных оснований включают определение степени уплотнения (стационарными датчиками порового давления или зондированием намывного массива штанговыми пьезодинамометрами) и измерения осадок. Систематические измерения порового давления P_u и осадок $S(t)$ намывных толщ обеспечивают возможность определения по натурным данным расчетных показателей, необходимых для прогнозной оценки уплотняемости глинисто-меловых пород.

Сочетание методов пенетрации и радиоактивного каротажа позволяет получить в натурных условиях данные, необходимые, например, для оценки возможностей размещения сухих отвалов на гидроотвалах. Комплексное зондирование песчано-глинистых пород целесообразно выполнять с помощью самоходных установок,

пригодных для вдавливания штанговых пьезодинамометров, пьезометров-крыльчаток, каротажных зондов.

Сравнительно простым методом изучения состояния намывных масс гидроотвалов и хвостохранилищ является статическое зондирование, по результатам которого судят об однородности техногенных грунтов, их физико-механических свойствах и ориентировочно устанавливают границы внутренних зон этих сооружений.

По величине удельного сопротивления внедрению конуса при статическом зондировании производят расчленение намывных массивов хвостохранилищ на инженерно-геологические элементы, представленные песками, супесями и суглинками.

Для предварительного оконтуривания зон намывных массивов можно использовать установки динамического зондирования, а детальный анализ состояния намывных масс выполнять по результатам статического зондирования. Следует отметить целесообразность преимущественного применения динамического зондирования для исследования намывных масс хвостохранилищ, так как этот метод используется, в основном, при определении свойств раздельнозернистых или маловодонасыщенных связанных грунтов.

Для контроля состояния слабых оснований в МГГУ В.В.Никитиным разработана конструкция устройства (рис. 1.55), включающего в себя анкер с установленными на разной высоте датчиками порового давления. Верхний конец анкера снабжен шкалой для измерения текущей осадки слабого слоя. Анкер вставлен в отверстие втулки, которая жестко закреплена на перфорированной плите. В основании плиты укреплен датчик грунтового давления, регистрирующий внешнюю нагрузку. Втулка снабжена шкалой для определения мощности намываемого слоя. В процессе установки анкер закрепляют в основании слабого слоя, а перфорированную плиту укладывают на его поверхности.

Контроль осуществляют путем регистрации в процессе намыва с установленной периодичностью следующих параметров: порового давления, внешней нагрузки, текущей осадки и мощности намывного слоя. Эти параметры используют при расчетах консолидации слабого основания.

С целью проведения инженерно-геологических изысканий на слабых труднодоступных основаниях в МГГУ разработан способ дистанционного отбора проб грунтов. Способ предусматривает сбрасывание пробоотборника с борта судна, углубление его в грунт под действием сил инерции, отбор пробы в грунтоносный стакан и подъем пробоотборника на борт судна лебедкой. От известных способов

отличается тем, что с целью расширения области применения благодаря возможности проведения инженерно-геологических изысканий на слабых труднодоступных основаниях сбрасывание пробоотборника ведут с борта воздушного судна, имеющего возможность зависать над местом отбора пробы. Высоту сбрасывания пробоотборника определяют из условия заданной глубины отбора пробы, а отбор пробы в грунтоносный стакан, осуществляют после остановки пробоотборника на заданной глубине вдавливанием грунтоносного стакана в ненарушенный грунт.

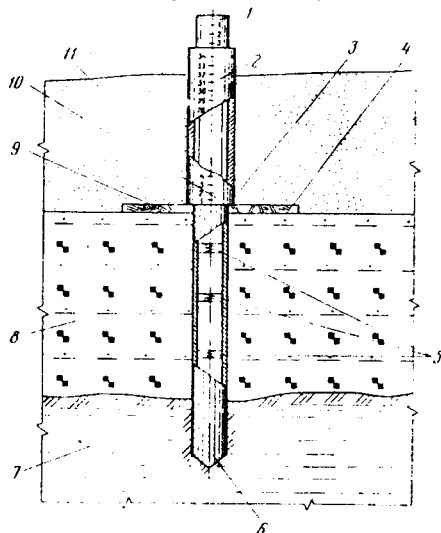


Рис. 1.55 Конструкция устройства для контроля состояния слабых оснований:

1 - шкала для измерения текущей осадки слоя; 2 - втулка; 3 - отверстие втулки; 4 - перфорированная плита; 5 - датчики порового давления; 6 - анкер; 7 - основание торфяного слоя; 8 - торфяной слой; 9 - датчик грунтового давления; 10 - шкала для измерения внешней нагрузки; 11 - песчаная подушка

Представительные геомеханические мероприятия выполнены на гидроотвале «Березовый Лог» (КМА), где Украинским отделением Гидропроекта и привлеченными им организациями осуществлен комплекс инженерных изысканий, исследований и проектных

проработок в рамках технического проекта гидроотвала и технорабочего проекта его рекультивации. Теоретическим обоснованием проектных решений по подготовке ядерной зоны гидроотвала к рекультивации путем создания в толще тонкодисперсных грунтов намывных дренажных элементов послужили исследования МГГУ, который также осуществлял разработку и внедрение стационарного и мобильного геомеханического контроля, включающего в себя систему стационарного контроля порового давления и комплексное зондирование тела и основания гидроотвала.

Для оперативного дистанционного контроля устойчивости внешних откосов гидроотвалов глинистых и смешанных пород используется система датчиков-пьезодинамометров, заложенных по возможным поверхностям скольжения. В раздельнозернистых грунтах датчики служат для определения пьезометрических уровней, в тонкодисперсных породах - для измерения порового давления. После установления датчиков и снятия первой серии показаний производят расчет устойчивости откосов с использованием натуральных данных. Затем выполняют расчеты устойчивости для вариантов, соответствующих различным положениям депрессионной кривой и степеням уплотнения (слоев глинистых пород), которые принимают выше или ниже установленных при первичных измерениях. На основании результатов расчетов устойчивости строят номограммы для определения коэффициентов запаса устойчивости при последующих измерениях в зависимости от положения депрессионных кривых и степени уплотнения глинистых пород в основаниях расчетных блоков.

Коэффициент запаса устойчивости рассчитывают методами алгебраического суммирования сил по поверхности скольжения или многоугольника сил.

Таким образом, коэффициент запаса устойчивости откосов определяют непосредственно на наблюдательном посту путем «обхода» измерительных точек на коммутаторе приемного устройства (частотомера) и подбора соответствующих вариантов по номограмме.

Предложенная система натурного контроля намывных горнотехнических сооружений предусматривает использование стационарной сети датчиков общего и порового давления в сочетании с зондированием породных масс тела и основания гидроотвалов комбинированным зондом МГГУ-ДИГЭС. Задавливание зонда осуществляют самоходными буровыми установками. Применение этой системы обеспечивает оперативное получение следующей информации:

- текущих значений коэффициента запаса устойчивости упорных призм;
- степени уплотнения тела и основания гидроотвалов;
- несущей способности (допустимых внешних нагрузок) намывных масс;
- пространственного положения отдельных зон намывных массивов.

Эффективным средством получения непрерывной инженерно-геологической информации, обеспечивающей проведение литомониторинга на намывных объектах, является применение аэрофотометодов, имеющих следующие преимущества: съемка практически любых участков, недоступных другим методам наблюдений; быстрая фиксация состояния сооружения; высокая скорость выполнения отдельных серий наблюдений в любое время года и независимость их выполнения от технологических особенностей производства горных работ; отсутствие мертвых зон и высокая разрешающая способность современной аэрофотоаппаратуры.

Значительный опыт применения аэрофотосъемки накоплен в горном деле. Интерес представляют работы ВИОГЕМа при производстве аэрофотосъемок объектов бассейна КМА и аэрофотограмметрической службы карьеров объединения «Рейнбарун» (ФРГ).

Область применения аэрофотосъемки может быть расширена благодаря определению несущей способности намывных массивов. Известен способ дистанционного контроля состояния массива пород, включающий в себя периодическое выполнение аэрофотосъемки территории, обработку снимков путем аналитической фототриангуляции, сопоставительный анализ моделей поверхности и определение относительной осадки массива (рис. 1.56).

С целью повышения эффективности аэрофотосъемочных работ МГГУ совместно с ВИОГЕМом разработан запатентованный способ контроля состояния намывных массивов, обеспечивающий аналитическое определение несущей способности массива по величине его относительной осадки.

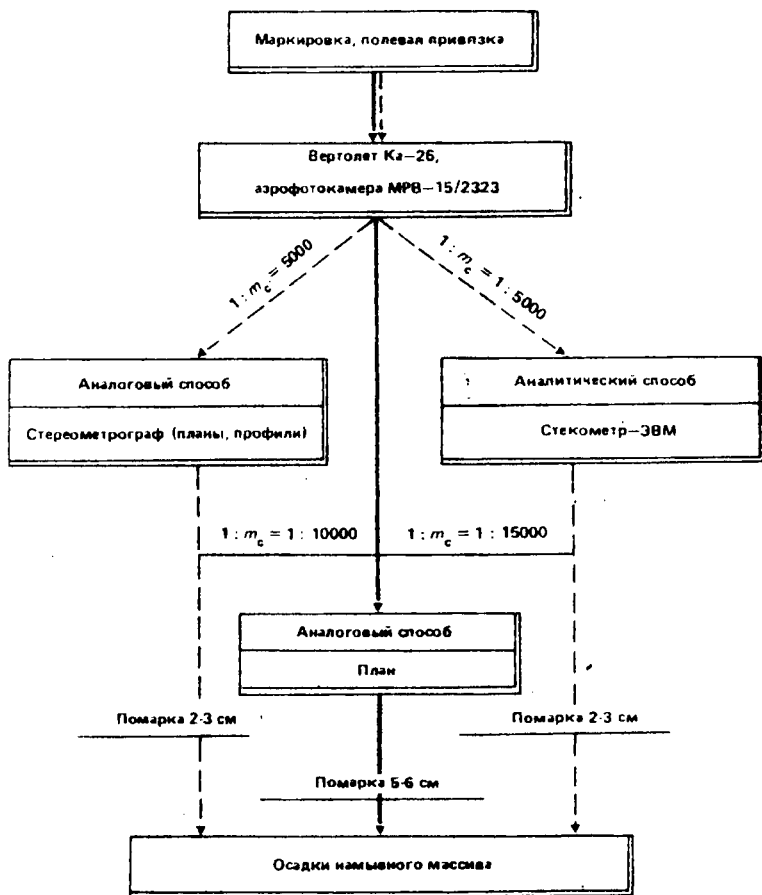


Рис. 1.56 Схема дистанционного контроля состояния намываемого массива с использованием аэрофотосъемки (сплошной линией показан существующий способ, пунктирной перспективный)

Несущую способность намываемых масс определяют следующим образом. По проектному контуру замыкаемой территории (емкости)

устанавливают опознавательные знаки с известными координатами x , y , z . Выполняют аэрофотосъемку территории намывного массива на момент начала намывных работ, при этом масштаб залета выбирают, исходя из площади замываемой территории и заданной точности. Затем, в результате обработки снимков методом аналитической фототриангуляции с использованием ЭВМ или аналогового способа получают базовую модель территории, представляющую собой массив точек с координатами x , y и z , или план с горизонтальными или высотными отметками точек поверхности. Для оценки несущей способности намывного массива, аэрофотосъемку производят на моменты окончания намывных работ и начало следующего сезона работ по намыву, что позволяет зафиксировать изменение поверхности за период «отдыха» намывного массива.

Осадку намывного массива и степень его уплотнения для участков, отличающихся по мощности, гранулярному составу, прочностным свойствам намывного материала определяют на основе сопоставительного анализа отметок поверхности на моменты съемок.

Эталонные зависимости между фактическими величинами предельно допустимой нагрузки и относительной осадкой контролируемого намывного массива устанавливают путем решения задачи «отдыха» слоя под собственным весом или «отдыха» под внешней нагрузкой.

Предложенный способ позволяет расширить область применения аэрофотосъемки благодаря возможности оперативного определения несущей способности труднодоступных зон намывных массивов и обеспечивает проведение дистанционного контроля состояния гидроотвала, повышая тем самым безопасность ведения работ при одновременном снижении их стоимости и трудоемкости.

Методика дистанционного контроля уплотнения и, соответственно, несущей способности намывных массивов апробирована в условиях гидроотвала «Березовый Лог» (КМА). Результаты аэрофотосъемки показали достаточно хорошую сходимость с данными наземной съемки и расчетами.

Аэрофотосъемка намывных территорий обеспечивает наибольший эффект при сочетании ее с зондированием гидроотвалов комбинированными зондами МГГУ и пьнеметрично-каротажными станциями.

Наряду со схемой дистанционного контроля, предусматривающей регулярное проведение аэрофотосъемки намывной территории ограждающих дамб, в подобных случаях можно

рекомендовать также контроль устойчивости дамб по деформациям. Основой такого контроля является регистрация скоростей смещения грунта в отдельных точках (рспрах), размещаемых по соответствующим профилям и сопоставление их с расчетными значениями. Для количественной оценки сдвиговых деформаций в теле дамбы и ее основании использованы представления структурной механики грунтов.

Большое внимание уделяют геомеханическим исследованиям за рубежом. В качестве примера приведем данные (А.Фэйер и Г.Хэн-дфорта) по уникальному хвостохранилищу предприятия по добыче нефтеносных песков Синкруд Канада Лимитед.

На карьере добывается 96 млн. т нефтеносных песков. Площадь карьерного поля - 24 км². Суточный объем укладки хвостов составляет 240 тыс. т. Хранилище должно обеспечить размещение 475 млн. м³ песка, 400 млн. м³ пульпы и 50 млн. м³ осветленной воды. Для достижения указанной цели сооружается дамба протяженностью 18 км с конечной высотой до 90 м, оконтуривающая площадь 17 км². Складирование продуктов переработки песков планируется до 2013 г.

Программа контроля направлена на обеспечение устойчивости дамбы и включает:

- выделение участков наблюдений на основе инженерно-геологической схематизации откосного сооружения с учетом величины деформаций, предварительно зафиксированных инклинометрами;
- проведение систематических наблюдений с применением инклинометров и пьезометров, частота которых определяется категориями сложности участка и изменяется от недельной до полугодовой. Пьезометрические наблюдения используются для изучения динамики порового давления и сравнения фактических и расчетных пьезометрических поверхностей, оперативной оценки устойчивости обводненных откосов и регламентирования на этой основе их параметров.

Интерпретация данных измерений предусматривает их компьютерную обработку и предрасчет на последующие периоды. Сбор и переработка данных дистанционного контроля осуществляется в автоматическом режиме с применением персональных компьютеров, позволяющих значительно снизить трудоемкость контрольных мероприятий.

Опыт геотехнического обеспечения возведения хвостохранилищ в зоне многолетней мерзлоты накоплен в Канаде (П. Холубек и С. Дюфор). Четырехгодовые наблюдения температурного режима основания дамбы, сложенного мерзлыми песками с гравием и трещиноватыми коренными породами (аргиллитами, грауваками, кварцитами, филлитами), позволили разработать наиболее надежную схему возведения дамбы с поэтапным промораживанием ее тела.

Критический анализ новых технологических тенденций управления намывными массивами хвостохранилищ дан П.К.Лайтхоллом, который рассматривает возможность применения в конкретных физико-географических условиях Канады методы выпуска «сгущенной пульпы» и «аэрированной пульпы». Отмечается возможность применения этих новых решений при условии их геотехнического и экономического обоснования.

| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К РАЗДЕЛУ I

Абелев М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. М., Стройиздат. - 1983

Амелин А.Г., Яшке Е.В., Калганов В.А. Туманы служат человеку. М., Наука, 1985

Антоненко Л.К., Зотеев В.Г., Коваленко А.И., Костерова Т.К. Основы проектирования, строительства и эксплуатации хвостохранилищ большой вместимости. Горный журнал, № 11, 1990

Батугин С.А., Бирюков А.В., Кылатчанов Р.М. Гранулометрия геоматериалов. Новосибирск, Наука, 1989

Бакаревич Н.Е., Масюк Н.Т. Возможность создания на рекультивационных участках в степи и сухой степи почв высокого плодородия. - В кн.: Земельные ресурсы мира, их использование и охрана. М., Наука, 1978.

Бакаревич Н.Е., Масюк Н.Т., Сидорович Л.П. К вопросу о плодородии почв и пород. - В кн.: Освоение нарушенных земель. М., Наука, 1976.

Беляков В.Н. О рациональной высоте внешнего отвала. Уголь, 1986. № 12.

Бересневич П.В., Кузьменко П.К., Неженцева Н.Г. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ. М., Недра, 1993.

Бондарь Г.А., Додатко Э.Л. Сингенетические сукцессии растительного покрова на породах надугольной толщи Александровского бурогоугольного месторождения. - В кн.: Рекультивация земель. Днепропетровск, 1974

Бурцев С.А. Географические аспекты планирования рекультивационных мероприятий на отвалах Курской магнитной аномалии. В кн. Геогр. анализ при планир. народно-хоз. прогр. М., 1986

Бурцов В.Я., Горбенко В.А., Гойштейн М.С. Эффективный способ складирования хвостов. Москва, Горный журнал, 1988, № 6

Бурыкин А.М. Изменение свойств и плодородия осадочных пород в отвалах при выветривании и почвообразовании. - В кн.: Освоение нарушенных земель. М., Наука, 1976

Бурыкин А.М. Проблема борьбы с эрозией в техногенных ландшафтах (на примере КМА). - В кн.: Рекультивация земель в СССР: Тез. Всесоюзн. научн.-техн. конф. 1982, т.2

Васильев А.В., Акиншин Л.П., Воронов В.И.. Классификация методов противодиффузионной защиты хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов. Горный журнал, 1987, № 6

Васильева Н.П. Естественное лесовозобновление на известняковых карьерах Тульской области. - В кн.: Научные основы охраны природы. М., 1977

Васильева Н.П. Естественное возобновление леса на отвалах Киреевского месторождения. - Лесоведение, 1981, № 3

Васильева Н.П. К методике инвентаризации естественной лесной растительности на отвалах. - Экология, 1982, № 6

Васильева Н.П., Каар Э.В. Методы и направления лесовосстановления в техногенных ландшафтах. - В кн.: Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978

Верзохин И.И., Матвеева И.В. Изменение геоэкологических условий при разработке Коршуновского железорудного месторождения. - Изв. Вузов. Геология и разведка, 1994, № 5

Временные методические указания по расчету параметров отвалов и отвальных ярусов карьера КМА. Губкин, НИИКМА, 1984

Газизов М.С., Демин А.М., Карпинский Г.Е. Вопросы устойчивости откосов при транспортно-отвальных системах разработки в условиях Днепровского буроугольного бассейна. Вопросы открытой разработки угольных месторождений. - М., Углетехиздат 1957

Гайдин А.М. Хвостохранилище в выемке Роздольского серного карьера. Москва, Горный журнал, 1990, № 6

Гайдин А.М. Гидрогеологические прогнозы затопления открытых горных выработок. Инженерная геология, 1985, № 6

Гальперин А.М., Шафаренко Е.М. Реологические расчеты горнотехнических сооружений. М., Недра, 1977

Гальперин А.М. Управление состоянием намывных массивов на горных предприятиях. М., Недра, 1988

Гальперин А.М., Дьячков Ю.Н. Гидромеханизированные природоохранные технологии. М., Недра, 1993

Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов. М., Недра, 1989

Горлов В.Д. Рекультивация земель на карьерах. М., Недра, 1981

Гринцов В.А. Рыхление почвы пласта для повышения устойчивости отвалов. Развитие техники и технологии открытых горных работ. ИГД им. А.А.Скочинского. М., 1976, вып. 139

Гуменик И.Л., Матвеев А.С., Панасенко А.И. Классификация техногенных формирований при открытых горных работах. Горный журнал. 1988. № 12

Демин А.М. Развитие технологии отвалообразования на карьерах. Горный журнал. 1988, № 2

Демин А.М., Евсеев Б.Н., Мотов Ю.И. Формирование отвалов в железорудной промышленности: Обзорн. информ. Черметинформация. М., 1986. вып. 5

Демин А.М., Селиверстов А.И., Царьков Н.Е. Отсыпка высокогорного отвала на Сибайском карьере. Горный журнал, 1989, № 5

Дергачев П.В., Захаров М.Н. Опыт круглогодичного возведения хвостохранилища с применением конусного намыва. В кн.: Исследования в области промышленного строительства плотин из грунтовых материалов. - М., 1985

Дриженко А.Ю. Восстановление земель при горных разработках. М., Недра, 1985.

Дудлер И.В. Инженерно-геологический контроль при возведении и эксплуатации намывных сооружений. М., Стройиздат, 1987

Етеревская Л.В. Влияние состава пород и микрорельефа на биологическую рекультивацию лессовых буроугольных отвалов. В кн.: Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972

Етеревская Л.В. К исследованию генерации и регенерации почв на рекультивируемых землях, нарушенных горнопромышленными работами. В кн.: Рекультивация земель в СССР. М., 1973

Етеревская Л.В., Михновская А.Д., Угарова В.А. Общее направление почвенных и агрохимических исследований при решении задач биологической рекультивации. В кн.: Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М., Наука, 1978

Жданов С.Е., Будько Е.А. Инженерно-геологическое обоснование технологических решений по формированию внешних отвалов на Ангренском угольном разрезе. Изв. вузов. Геология и разведка, 1993, № 2

Зарецкий Ю.К. Консолидация торфяного основания / Основания, фундаменты и механика грунтов. 1970, № 6

Зарецкий Ю.К. Вязко-пластичность грунта и расчеты сооружений. М., Стройиздат, 1988

Захаров М.Н., Дергачев П.В., Филиппов Н.А., Попов А.Б., Клычников М.С., Чурсинов Н.А. Рациональная технология складирования хвостов в Заполярье. Горный журнал. 1987, № 1

Зотеев В.Г., Фролов А.В., Кампель Ф.Б. Совершенствование технологии отвалообразования на Ковдорском ГОКе. Горный журнал, 1988, № 4

Ижевская Т.И. Особенности развития корневых систем растений на отвалах бурогоугольных разработок. В кн.: Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, 1974

Ижевская Т.И., Васильева Н.П. Влияние рельефа и возраста отвалов на развитие древесной и травянистой растительности. - В кн.: Биогеографические аспекты природопользования. М., Мысль, 1980, сб. 114

Ижевская Т.И., Чеклина В.Н. Сельскохозяйственное освоение отвалов при нанесении плодородного почвенного слоя на токсичную грунтосмесь в Подмосковном бассейне. - В кн.: Рекультивация промышленных пустошей. М., 1972

Инструкция по проектированию и строительству ограждающих дамб хвостохранилищ с использованием вскрышных пород. РСН 319-81 // НИИСП Госстроя УССР. - Киев, 1981

Калишевский В.Н. Эффективность совместного складирования отходов обогащения и вскрышных пород. Горный журнал. 1981, № 2

Калишевский В.Н. Возведение противофильтрационных конструкций и ограждающих сооружений хвостохранилищ. Горный журнал, 1990, № 1

Каминская В.И., Медведева Т.А. Изменение геотехнических свойств торфа под нагрузкой намытых грунтов / II Балтийская конференция по механике грунтов и фундаментостроению: Строительство на торфах и деформации сооружений на сильносжимаемых грунтах. 1988, т. 4.

Катасонов В.В., Месхи Н.Ж. Исследования устойчивости откосов на зарубежных карьерах. Горный журнал, 1991, № 5

Кибишев В.И., Райлян Г.А., Сазонов Г.Т. и др. Гидравлическое складирование хвостов обогащения. Справочник. М., Недра, 1991

Кондратьев В.Ф. Использование комплекса противофильтрационных и дренажных устройств для уменьшения или полного предотвращения фильтрации жидкости за пределы хвостохранилища / Гидротехнические сооружения горнорудных предприятий. - Белгород, 1983

Котлов В.Ф. Изменения природной геологической среды на территории городов и промышленных центров. В кн.: Рациональное использование земной коры. М., Недра, 1974

Красников А.С. Научные аспекты применения оборудования непрерывного действия на открытых разработках. - М., Наука, 1966

Крутов В.И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах. М., Стройиздат, 1988

Крячко О.Ю. Управление отвалами открытых горных работ. - М., Недра, 1980

Кузькин В.И. Техногенное выветривание на рудных месторождениях и его влияние на экологические условия разработки. - Изв. вузов. Геология и разведка, М., 1994, № 2

Кучеревский В.В., Мазур А.Е., Доценко А.Н. Опыт биологического закрепления пылящей поверхности действующих хвостохранилищ. Горный журнал, 1989, № 7

Лавриненко И.К., Колибаба В.Л., Завальный А.П., Соляник П.А. Опыт строительства и эксплуатации хвостохранилища, размещенного на внутренних отвалах карьера марганцевых руд. Горный журнал, 1986, № 8

Лукьянец А.И. Закономерности естественного облесения промышленных отвалов Свердловской области. В кн.: Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск, Наука, 1974

Мангушев Н.А., Сотников С.Н., Челнокова В.А. Методика инженерно-геологического картирования для оценки площадей строительства по критерию осадки. Инженерная геология, 1989

Масюк Н.Т. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных породах в местах произведенной добычи полезных ископаемых. - В кн.: Рекультивация земель. Днепропетровск, 1974

Масюк Н.Т. Биологическая классификация вскрышных горных пород Никопольского марганцеворудного бассейна и прикладные аспекты ее реализации. В кн.: Рекультивация земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых. Тарту, 1975

Масюк Н.Т. Вскрышные горные породы как объект исследования, особенности его познания, методические трудности и некоторые пути их преодоления. В кн.: Создание высокопродуктивных агробиоценозов в техногенном ландшафте. Днепропетровск, 1975

Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования на отвалах Баженовского месторождения асбеста при их самозарастании. В кн.: Растения и промышленная среда. Свердловск, 1979

Махонина Г.И., Чибрик Т.С. Начальные этапы почвообразования на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза при естественном зарастании их растительностью. В кн.: Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974, вып. 3

Мельников Н.В. Механизация отвальных работ на открытых разработках. М.: Углетехиздат, 1954.

Мельников Н.В. Развитие горной науки в области открытой разработки месторождений в СССР. М.: Госгортехиздат, 1961

Мельников Н.В., Демин А.М. Отвальные работы. Горное дело: Энциклопедический справочник. - Т. 10. М., Госгортехиздат, 1960

Методические рекомендации по строительству ограждающих и противофильтрационных сооружений хвостохранилищ ГХК Западной Украины с использованием мергелистых глин и отходов обогащения / НИИСП Госстроя УССР. - Киев, 1988

Методические рекомендации по строительству противофильтрационных конструкций хвостохранилищ из глинистых грунтов без механического уплотнения / НИИСП Госстроя УССР. Киев, 1988

Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Изучение загрязнения подземных вод в горнодобывающих районах. М., Недра, 1988

Мироненко В.А., Стрельский Ф.П. Практическое применение принципов гидросомеханики в целях повышения промышленной и экологической безопасности горных работ. Инженерная геология, 1989, № 5

Мосейкин В.В. Вопросы геолого-промышленной оценки техногенных месторождений. Изв. ВУЗов, геология и разведка, 1993, № 2

Мосинец В.И., Шестаков В.А., Авдеев О.К., Мельниченко В.М. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников. М., Недра, 1981

Моторина Л.В. Проблемы биологического этапа восстановления земель, поврежденных промышленностью. - Вопр. географии, 1970, вып. 82

Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Ижевская Т.И., Савич А.И., Чеклина В.Н. Методические указания к подготовке технических условий

для проектирования рекультивации территорий, нарушенных открытыми горными работами. М., МСХ СССР, 1973

Моторина Л.В., Зайцев Г.А., Савич А.И., Чеклина В.Н., Овчинников В.А., Данилов И.Я. Рекомендации по рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами. М., Колос, 1969

Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М., Мысль, 1975

Новиков М.Ф., Меламут Д.Л., Калинин В.И., Седых Ю.И. Намыв площадей для строительства. М., Стройиздат, 1984

Олейников А.Г., Дурова Р.А. Рескультивация хвостохранилищ предприятий цветной металлургии. Цветная металлургия, 1989, № 3

Осипов В.И. Геоэкология - междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер. - Геоэкология, 1993, №1

Панюков П.Н., Ржевский В.В., Истомина В.В., Гальперин А.М. Геомеханика отвалных работ на карьерах. Недра, 1972

Певзнер М.Е., Костовецкий В.П. Экология горного производства, М., Недра, 1986

Певзнер М.Е. Деформации горных пород на карьерах. М., Недра, 1992

Плотников Н.И., Рогинцев И.И., Мамонтов В.К., Мироненко В.А. и др. Защита окружающей среды при горных разработках рудных месторождений. М., Наука, 1985

Попов С.И., Габитов Р.М., Кашапов З.М. Управление горнотехническими параметрами отвалов. Горный журнал, 1988, № 2

Пучков Л.А. Развитие исследований по охране окружающей среды в горной промышленности. Научно-техническая конференция «Экологические проблемы горного производства». МГГУ, 1993

Пучков Л.А. О структуре горных наук. Горный журнал, 1995, № 7

Райлян Г.А. Приближенный метод определения уровня эксплуатации и состояния хвостохранилища. Москва, Горный журнал, 1990, № 3

Рациональная разработка недр и охрана природы на карьерах / А.А.Колбасин, Г.Л.Серов, Б.Н.Тартаковский и др. М., Недра, 1983

Рекомендации по проектированию и строительству шламо-копителей и хвостохранилищ металлургической промышленности. М., ВОДГЕО, 1986

Рекомендации по инженерно-геологическому обеспечению параметров отвалов сухих пород, отсыпаемых на гидроотвалах. Л., ВНИМИ, 1985

Ржевский В.В., Болотова Л.Е. Экология горного производства. М., МГИ, 1988

Розпанов Н.Н. Плотины из грунтовых материалов. М., Стройиздат, 1983

Русский И.И. Отвальное хозяйство карьеров. М., Недра, 1971

Рыбалкин Ю.Д., Шпаков П.С. Общая характеристика проблемы отвалообразования скальных и полускальных пород на предприятиях цветной металлургии. Цветная металлургия, 1983, № 14

Сасц Ю.Е., Рсвич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М., Недра, 1990

Савич А.И. К вопросу о классификации вскрышных пород для биологической рекультивации. - В кн.: Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск, Наука, 1974

Савич А.И., Чеклина В.Н. Особенности состава и свойств вскрышных пород Подмосковского угольного бассейна и их пригодность к биологической рекультивации. - В кн.: Научные основы охраны природы. М., 1973, вып. 2

✓ Секисов Г.В., Таскаев А.А., Воробьев А.Е. Техногенные минеральные объекты. Изв. АН КиргССР. Физ-техн. и матем. науки. 1988, № 2

Сергеев Е.М. Инженерная геология и охрана окружающей среды. - Вестн. МГУ. Сер 4, Геология, М., 1979, № 6

Симкин Б.А., Бебчук Б.Ц., Хохряков А.В. Оценка последствий техногенного воздействия горного производства на окружающую среду. Горный журнал, 1989, № 5

Станков А.П., Каграманян Э.М., Сахаров Н.Н., Никитин Ю.Я. Опыт строительства и эксплуатации хвостового хозяйства ИнГОКа. Горный журнал, 1988, № 4

Супрун В.И., Гайлиш В.В., Денисов Н.А. Концепция создания рационального техногенного ландшафта при ведении горных работ. Научно-техническая конференция «Экологические проблемы горного производства». МГГУ, 1993

Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы. Под ред. акад. Сергеева Е.М. М., Недра, 1985

Теория и практика открытых разработок. Под ред. Н.В. Мельникова. - М., Недра, 1979

Техника и технология рекультивации на открытых разработках. / А.К.Полищук, А.М. Михайлов, И.Т. Заудальский и др. М.: Недра, 1977

Томаков П.И., Коваленко В.С. Рациональное землепользование при открытых горных работах. М.: Недра, 1984

Томаков П.И., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашников А.Т., Экология и охрана природы при открытых горных работах. М., Изд. МГГУ, 1994

Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия. - М., Горный журнал, 1989, № 12

Указания по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях. Л., ВНИМИ, 1990

Федоров И.С., Захаров М.Н. Складирование отходов рудообогащения. М., Недра, 1985

Федотов В.И. Сущность горнопромышленных ландшафтов. Материалы 2-й регион. конф. «Антропогенные ландшафты Центральных Черноземных областей». Воронеж, 1975

~ Фёрстер В. Последствия разработки бурогоугольных месторождений в Восточной Германии. Научно-техн. конф. «Экологические проблемы горного производства». МГГУ, 1993

Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., Недра, 1965

Фисенко Г.Л., Ревазов М.А., Галустьян Э.Л. Укрепление откосов в карьерах. М., Недра, 1974

Хазанов М.И. Искусственные грунты, их образование и свойства. М., Наука, 1975

Хохряков А.В., Иванов С.П. Рациональное природопользование при разработке месторождений полезных ископаемых. Свердловск, изд. ВСНТ, 1987

Цытович Н.А., Зарецкий Ю.К., Малышев М.В. и др. Прогноз скорости осадок оснований сооружений. М., Стройиздат, 1967

Шеф Х.Ю. Восстановление отвалов калийных рудников. Научно-техн. конф. «Экологические проблемы горного производства». МГГУ. 1993

М.И.Шифман, Ю.Д.Дмитриенко, Н.М. Городничев. Опыт сооружения хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов КМА, Горный журнал, 1986, № 5

А.М.Шкурко, П.В. Малышев. Опыт эксплуатации хвостового хозяйства комбината, Горный журнал, 1988, № 9

Щербатенко В.И., Кандрашин Е.П. Естественная растительность отвально-карьерных ландшафтов Сибири. - В кн.: Восстановление техногенных ландшафтов Сибири. Новосибирск: Наука, 1977.

Чешлок Х. Природоохранная оценка калийной шахты и концепция восстановительных работ. Научно-техн. конф. «Экологические проблемы горного производства». МГГУ, 1993

Bell F.G., Bell A.W. Restoration of derelict and contaminated land: Some case histories. Proc. 7-th Int. Congr. Int. Ass. of Env. Geol. 5-9 sept. 1994 /Lisboa/ Portugal. Balkema publ., 1994

Bolsen B.P., Monroe R.B. Three decades in instrumentation' Proc. of the Australian conf. on geotechnical instrumentation in open pit and underground mining. /Kalgoorly/ Western Australia/ 1993. Balkema publ., 1993

Charles J.A., Hughes D.B., Burford D. The effect of a rise water table on the settlement of backfill of Horsley restored opencast coal mining site, 1973-1983. Ground. Mov. and struct. Proa. 3rd Int. conf. Cardiff, Jull, 1984. London, Plymouth, 1985

Dawson R.F., Morgenstern N.R., Sego D.C. Geotechnios of mine waste audits. Proc. sec. Int. conf. on enviromental Issues and management of waste In energy and mineral production. Galgari /Alberta/ Canada. 1-4 sept. 1992 Vol. 2. Balkema publ., 1992

Dorschner E. Setzungserscheinungen auf Tagebaukippen. Freiburger Forschungshefte, 1958, A 96.

Elias D., Briggs M. Piezometric monitoring of bauxite residue management facilities. Proc. of the Australian conf. on geotechnical instrumentation in open pit and underground mining. /Kalgoorly/ Western Australia / Balkema publ., 1993

Ferguson D. Reclaimed and backfilled areas. Ground. Mov. and struct. Proc. 3rd int. conf. Cardiff, Jull, 1984. London, Plymouth, 1985

Finn P.S., Nisbet R.M. Site investigation, design and performance of LPG storage facilities on reclaimed land. Proc. conf., Clasgow, 7-9 May, 1986. London, 1987

Forster W. SetzungsflieBsrutschung an einem Kippenboschungssystem. Freiburger Forschungshefte, 1989, A 971

Forster W., Koch P. Altlasten des Erzbergbaues. Neue Bergbautechnik, 1991, № 9

Galperin A.M., Zaitsev V.S., Norvatov Ju.A. Hydrogeology and Engineering Geology. Balkema publ., 1993

Himes G.S., Meurils J., Ellabu S. Geotechnical design for a satellite station founded in a municipal landfill. Int. Sump. Environ. Geotechnol. Allentown, Pa, Apr.21-23, 1986. Vol. I. Lehigh Valley, Pa, 1986

Jacobs D., Kassa H.- P. Gründung auf Kippengelände mit bewehrtem Gründungspolster. Bauplan.-Bautechn., 1988, 42, №2

Jain V.K., Krishna Reddy K. Environmental improvement through industrial waste management. A case study of Donimalai iron ore mine. Proc. of the first world mining environment congress. Oxford and IBM publ. Co. PVT.LTD. New Delhi, Calcutta, 1995

Jhle F. Untersuchungen zur Auswertung von Drucksondierungen. Geotechnik, 1995, №2

Kiebasiewicz W. Ocena przydatnosci wierzchowiny zwalowiska do zabudowy ze wzgledu na deformacje. «Ochr. teren.gorn», 1984, 18, №67

Mathewson C.C., Cato K.D. «Pre and post» mine geotechnical conditions for surface mines, developed from the comprehensive exploration program. Proc. of the Int. Symp. on Geotechn. Stability in Surface Mining /Calgary/ 6-7 Nov. 1986. Balkema publ., 1986

Ritcey G.M. Tailings management. Elsevier-Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1989

Sargunan A., Mallikajun N., Renapratap K. Geotechnical properties of refuse fills of Madras, India. «Int. Sump. Environ. Geotechnol. Allentown, Pa, Apr.21-23, 1986. Vol. I. Lehigh Valley, Pa, 1986

Singh R.N., Condon F.I., Denby B. Investigation into techniques of compaction of opencast mine backfill destined for development. Proc. of the Int. Symp. on Geotechn. Stability In Surface Mining /Calgary/ 6-7 Nov. 1986. Balkema publ., 1986

Striegler W. Zur Klassifizierung der Bebauung von Tagebaukippen. Wiss'Z. Mochsch. Verkehrw. Friedrich List Dresden, 1987, 34, №4

Thomson S., Sonnenberg R. Settlement instrumentation to observe open-pit mine backfill and a prototype foundation in western Canada Canadian Geotechnic, 1987, 24, №4

Vogel W. Die dynamische intensivverdichtung - ein Verfahren zur Baugrundverbesserung von Tagebaukippen. Wiss. Ber. Techn. Hochsch. Leipzig. 1986, №12

Vogt A., Forster W. Abschätzung der Ruckgriffweiten von Setzungsfliedbrutungen. Neue Bergbautechnik, 1991, №10/11

Динамическое уплотнение отвалов для их использования под застройку. Die dynamische Intensivverdichtung - ein Verfahren zur Baugrundverbesserung von Tagebaukippen. Vogel W. «Wiss. Ber. Techn. Hochsch. Leipzig» 1986, № 12.

Динамическое уплотнение отходов для улучшения свойств грунта под дорогу. Dynamic compaction of a refuse site for a road interchange. Swain A., Holt D.N. «Build Marginal and Derelict Land. Proc. Conf., Glasgow, 7-9 May, 1986». London, 1987

Динамическое уплотнение рыхлых и гидроуплотняемых грунтов по программе Interstate 90, Уайт-холл-Кардуэлл Монтана. Dynamic compaction of loose and hydrocompactible soils on interstate 90, Whitchall-Cardwell, Montana. Yager Terry L. «Transp. Res.», №1089

Классификация карьерных отвалов по пригодности к застройке. Klassifizierungsmerkmale zur Bebaubarkeit von Tagebaukippen. Striegler W. «Wiss. Ber. Techn. Hochsch. Leipzig», 1986, № 12

О классификации отвалов, предназначенных для застройки. Zur Klassifizierung der Bebauung von Tagebaukippen. Striegler Werner. «Wiss. Z. Mochsch. Verkehrsw. Friedrich List Dresden», 1987, 34, № 4

Оседание породы на отработанных отвалах карьеров в Канаде и устройство оснований под фундаменты сооружений. Settlement instrumentation to observe open-pit mine backfill and a prototype foundation in western Canada. Thomson S., Sonnenberg R. «Can. Geotechn.», 1987, 24, № 4

Оценка пригодности поверхности карьерного отвала к строительству зданий и сооружений. Ocena przydatności wierzchołwa zwalowiska do zabudowy ze względu na deformacje. Kielbasiewicz Włodzimierz., «Ochr. teren. gorn.», 1984, 18, № 67

Проблема городского строительства на подработанной территории. Urban construction problems in mining land. Tan Boon K. «Asian Mining 85: Pap. Conf. Manila, 11-14 Febr., 1985». London, 1985

Рекультивация карьерных территорий в Шотландии. Reclaimed and backfilled areas. Ferguson Donald. «Ground Mov. and Struct. Proc. 3rd Int. Conf. Cardiff, July, 1984». London; Plymouth, 1985

Рескультивированные территории и подсыпка грунта. Reclaimed and Backfilled areas. Ferguson Donald. «Ground Mov. and Struct. Proc. 3rd Int. Conf. Cardiff, july, 1984». London; Plymouth, 1985

РАЗДЕЛ II СТАРЫЕ ТЕХНОГЕННЫЕ НАГРУЗКИ

ГЛАВА 5 | ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Понятия и определения

Понятие «старые нагрузки» заимствовано из политической сферы, где оно означает нежелательные с сегодняшней точки зрения процессы и явления прошедших лет, негативное влияние которых требует действий в настоящее время. Действующий в Германии совет экспертов по вопросам окружающей среды (SRU) предлагает понимать под этим термином техногенные массивы и неиспользуемые производственные площади, которые могут представлять опасность для окружающей среды и здоровья человека.

К техногенным массивам относят: недействующие свалки коммунальных и промышленных отходов; законсервированные скопления промышленных отходов в сочетании с горными породами и строительным мусором; незарегистрированные скопления отходов. Неиспользуемые производственные площади представляют собой территории законсервированных объектов с прилегающими коммуникациями, недействующие системы водоснабжения, а также объекты, на которых использовались вредные вещества.

В понятие «старые нагрузки» не включены загрязнения воздушного бассейна, воздействие наводнений, распространение химикатов при сельскохозяйственной деятельности, проникновение канализационных стоков и т.п., попадание вредных веществ в пределы частных владений, влияние отвалов бурого угляных предприятий на прилегающие территории. Причиной этого ограничения является диффузное распространение вредных веществ и их невысокая площадная концентрация.

К новым техногенным нагрузкам относят загрязнение почв и оснований сооружений в результате деятельности промышленных предприятий и коммунальных служб и проникновение вредных веществ из неисправных трубопроводов и водосточных каналов.

Существенное влияние на загрязнение грунтов и подземных вод оказывают техногенные нагрузки военной промышленности и, особенно, предприятий по производству химического оружия. Военные техногенные нагрузки в Германии появились в период второй мировой войны и в настоящее время приурочены к прежним местам

расположения частей Советской Армии, Народной Армии ГДР, американских и английских военных баз и т.д.

До 1972 г. производители отходов и властные структуры не занимались оценкой влияния «старых нагрузок» на геозкосистему, необоснованно завышая возможности самоочистки грунтов и подземных вод. Однако появление эффективных технических средств для определения последствий влияния вредных веществ, изменение представлений о поведении и масштабах опасности этих веществ, формирование современного подхода к геозкосистеме резко изменяют ситуацию: основной целью становится устранение вредного влияния «старых нагрузок» на окружающую среду и исключение опасности загрязнения всех элементов геозкосистемы.

По мнению специалистов, доля площадей, внушающих опасение по загрязнению, составляет 5% территорий городов мира, а в Германии достигает максимального значения - 16,7% (показатели могут быть выше, если наблюдения выполняются несистематически); около 30% площади, находящейся под жилищной застройкой, также внушает опасения.

Опасность, исходящая от «старых нагрузок» заключается в том, что вредные вещества не только угрожают здоровью или хорошему самочувствию человека, но он может оказывать вредное воздействие на элементы (воды, почву, воздух, растительный и животный мир) и геозкосистему в целом. Вред человеку причиняется при вдыхании газов и пыли, использовании почв и воды, употреблении загрязненных продуктов растительного и животного происхождения. Негативные последствия могут иметь возможные взрывы биогаза. Нарушаются защитные функции почв, их продуктивность, а также их функции как среды обитания живых организмов. Происходят нарушения роста растений, если их корни находятся в кислотной среде. Кроме того, вредные вещества могут поступать из воздуха, почв и воды или в них накапливаться.

Значителен экономический и социальный ущерб от воздействия «старых нагрузок»: большие затраты на очистку увеличивают расходную часть государственного бюджета, так как ответственность конкретных лиц часто недоказуема (действия совершались в соответствии с ранее применявшимися нормами и инструкциями), а возложение ответственности на предприятия приводит к возрастанию производственных затрат и, соответственно, возможному снижению реальных доходов трудящихся.

В районах индивидуальной застройки создается дефицит земельных площадей, если действуют запреты и ограничения на использование земель; запланированные затраты на очистку

территорий могут вызвать протесты населения; очистка занятых жильем площадей часто связана с временным переселением людей. К числу возможных социальных последствий этого радикального мероприятия относятся разрушение сложившихся взаимоотношений в общине, значительные убытки владельцев жилья из-за снижения его стоимости в связи с опасностью для здоровья людей, снижение качества жилья в связи с проживанием вблизи «старых нагрузок» лишь социально незащищенных слоев населения.

Каковы масштабы старых нагрузок? До настоящего времени их учет в прежних землях ФРГ еще не завершен. В 1988 г. насчитывалось 48000 вызывавших опасения участков, в будущем общее их количество может приблизиться к 70000. Объемы работ по оценке масштабов загрязнения и устранению их последствий для земель ФРГ существенно различаются. Установлено, что 15% участков практически не опасны и могут быть исключены из перечня объектов, на которых требуется выполнить специальные работы. Такие работы необходимы прежде всего в случаях угрозы жилым застройкам или грунтовым водам.

Первая информация о состоянии окружающей среды в бывшей ГДР была опубликована в феврале 1990 г. Институтом охраны окружающей среды (Берлин). Согласно приведенным данным, в 1988г. на территории ГДР размещено 91,3 млн. тонн отходов, из которых 39,9% изучены с различной степенью детальности. Степень использования отходов с 1983 г. по 1988 г. возросла на 3,5% за счет извлечения нефтепродуктов и серной кислоты, переработки термопластов и традиционного вторичного сырья (стекла, бумаги), а также золы. На 1989 г. выявлено более 13000 техногенных массивов, включающих 2000 хранилищ отходов промышленного производства и 11000 свалок бытового мусора. По меньшей мере на 570 свалках размещены токсичные и вредные отходы. Обследования, проведенные на зоотехногенных массивах показали, что большинство объектов находилось в неудовлетворительном состоянии: подготовка оснований и отвод фильтрационных вод не производились, контроль доставляемого материала был ненадежным, материально-техническое оснащение было недостаточным.

Как и в старых землях ФРГ, на территории восточных земель Германии количество «старых нагрузок» постоянно возрастает, при этом положение осложняется отсутствием их систематического учета.

Большое значение имеет понимание обществом проблемы «старых нагрузок». Невозможно избежать риска, если неизвестны возможные негативные последствия и не очевидна необходимость проведения эффективных защитных мероприятий. В разъяснении

ситуации и предоставлении информации заключается задача ученых и экспертов, а право выбора оптимального варианта защиты принадлежит представителям государственной власти.

В формировании общественного мнения можно выделить следующие моменты:

- сознание факта существования техногенных массивов и необходимости определения приоритетных направлений их восстановления. Для этого требуется прежде всего достижение понимания теми, кого этот вопрос касается непосредственно - жителями районов, расположенных в сфере влияния «старых нагрузок»;
- разъяснение сущности методов восстановления экологического равновесия и информация о возможных последствиях перед принятием решений о затратах на очистные работы;
- обоснование целесообразности выбора места расположения очистных сооружений или соответствующего оборудования с учетом мнения людей, которые пострадали в результате загрязнения или чувствуют себя пострадавшими.

Таким образом, проблема «старых нагрузок» носит комплексный характер и включает как экологические, так и политические, экономические, психологические и социальные аспекты.

В проблематике техногенных массивов часто важную роль играют средства массовой информации. Опасность состоит в том, что они, с одной стороны, недооценивают, с другой стороны, утрируют ситуацию и, тем самым запугивают население. К тому же большое значение имеет доверие к властям и предприятиям. В том случае, если местные власти и фирмы, связанные с этой проблематикой, имеют репутацию достойных доверия, у населения нет повода для преувеличенного беспокойства. Там, где население имеет отрицательный опыт, отмечаются общее недоверие относительно действий со стороны государства и экономических структур, беспокойство за здоровье, опасения финансового и материального ущерба, сомнения в успехе проводимых работ, проявления безысходности.

Для решения проблемы «старых нагрузок» целесообразно широкое общественное обсуждение размеров потенциальной опасности и технических и финансовых возможностей реализации программы восстановления. При этом не нужно внушать надежд, что обязательно удастся восстановить первоначальное состояние территории; часто бывает достижима ограниченная интеграция вос-

становленной территории с окружающей средой. В то же время усиленное внимание должно быть обращено на пострадавшие группы населения. Это направление требует обширной информации о явных и скрытых потенциалах опасности для окружающей среды и здоровья людей, а также разработки и реализации детальной программы восстановления территории.

Так, например, за время восстановления свалки в Георгсвердер (Гамбург) осуществлялись следующие мероприятия: с участием населения проводились совещания по проблемам контроля, восстановления территории и оценке влияния свалки на здоровье людей; публиковались отчеты о состоянии работ; среди населения распространялись бюллетени с результатами измерений содержания вредных компонентов на свалке и в ее окрестности; было создано регулярно работающее информационное и консультативное бюро; на свалке соорудили демонстрационный павильон; власти принимали участие в собраниях населения; в округе был создан комитет по вопросам восстановления территории, который проводил официальные заседания и поддерживал связь с населением.

2. Правовые аспекты

При покупке земельного участка обычно возникают следующие вопросы:

- какое производство находилось ранее на этой территории, насколько велика вероятность загрязнения почвы;
- обследовался ли участок на наличие техногенного массива, в каком объеме загрязнена почва;
- кто примет на себя затраты по восстановлению участка, которые могут в несколько раз превышать его рыночную стоимость;
- кто достаточно надежно определит объем восстановительных работ и гарантирует, что властям не придется в обозримом будущем выдвигать новые требования;
- кто несет ответственность за последующий риск, исходящий от оставшихся в почве вредных веществ;
- кто оплатит расходы по систематическому контролю и надзору.

Однозначное выяснение этих вопросов является предпосылкой для инвестиций на рассматриваемом участке земли; часто в таких случаях невозможно обойтись без помощи юриста. В компетенцию юриста, занимающегося вопросами земельного пользования техногенных массивов входят, в основном, вопросы восстановления территории и возмещения связанных с этим убытков.

Предъявителями иска (истцами) чаще всего являются властные структуры, лица, ответственные за использование воды, власти, владельцы, покупатели, арендаторы, сдающие внаем. Ответчиками являются лица, ответственные за произведенное загрязнение.

В ФРГ взаимоотношения истца и ответчика строятся в рамках правовой базы, включающей: закон об использовании водных ресурсов; полицейские законы земель; закон об отходах; акты уголовного и гражданского законодательства (приложение 2). Они могут фигурировать в том случае, если государство в интересах общества осуществило мероприятия, которые привели к загрязнению окружающей среды.

До появления законов о водных ресурсах и отходах при возникновении техногенных массивов правовое регулирование осуществлялось преимущественно с использованием полицейских законов в соответствии с параграфом 14 закона о полицейском управлении, согласно которому задачей полиции является обеспечение безопасности и порядка. Законодательно обеспечена защита здоровья людей, среды обитания, грунтовых и поверхностных вод, почвы и воздуха. Вмешательство полиции осуществляется по представлению властных структур.

За устранение существующей опасности несут ответственность как лица, действия которых привели к загрязнению, так и лица, в ведении которых находятся уже загрязненные участки (владельцы или арендаторы). Принимается во внимание лишь непосредственная ответственность за причину возникновения загрязнения: (например, поставщик нефти не несет ответственности, если нефть попадает в почву в результате производственного процесса).

Необходимыми являются мероприятия, которые сводятся к защите от опасности или устранению загрязнения, если свалка является причиной загрязнения воды, ее следует локализовать и подвергнуть очистке, рекультивация свалки должна быть произведена незамедлительно. Границы компетентности действий полиции определяются исходя из принципов необходимости и соответствия.

Затруднения вызывает установление виновника загрязнения территории, особенно свалок, на которых складировались отходы многих предприятий. В этих случаях часто не удастся установить поставщиков токсичных веществ. Нередки ситуации, когда складирование (захоронение) отходов осуществлялось с разрешения властей или непосредственная причина загрязнения не выявлена.

Если к неблагоприятному состоянию окружающей среды причастен ряд лиц, то решение о возможности ответственности могут вынести власти. Полицейские власти должны выяснить, кто быстрее, действеннее и наилучшим образом может устранить опасность, при этом не следует ориентироваться только на одного виновника, способного разрешить эту задачу. В первую очередь нужно учитывать лиц, виновных в загрязнении, и только потом лиц, в ведении которых находится загрязненный участок. Очень часто непосредственный виновник загрязнения бывает не установлен, но известно лицо, в ведении которого находится этот участок (владелец). Если одно и то же лицо является одновременно и виновником загрязнения, и владельцем данного участка земли, речь может идти о двойной ответственности. С целью предотвращения опасности, исходящей от загрязненных территорий, полицейский закон предусматривает выявление лиц, ответственных за экологическое нарушение.

Местные власти не несут материальной ответственности за устранение нанесенного ущерба, при этом они вправе взыскивать с виновного лица за нанесенный ущерб.

Действия властей должны носить опережающий характер: они уполномочены изучить положение дел, а именно, установить наличие опасности и наметить возможные мероприятия по ее устранению, при этом ограничиваются необходимым минимумом мер. Власти вправе потребовать от ответчиков признания факта выявленной потенциальной опасности экологического загрязнения. Обязанность доказательства потенциальной угрозы лежит на властях. Ответчики должны оказывать содействие, но не вести самостоятельное расследование (проводить экспертизу). Информация о положении дел не может быть представлена лицу-нарушителю. сведения о затратах властей на экспертизу также не передаются лицам, ответственным за загрязнение.

Если властями принимается во внимание лишь один нарушитель, то нельзя требовать компенсации от других лиц, имеющих какое-либо отношение к участку загрязнения. Вместо этого существует такое юридическое понятие, как коллективная ответственность. К сожалению, прецедента коллективной ответственности судебной практикой до сих пор пока не установлено. В

полицейском законе по такого рода делам отсутствует юридическое понятие давности, но оно имеется в гражданском кодексе, и есть прецеденты, когда сроки давности принимались во внимание.

Вышеизложенное может быть проиллюстрировано следующим примером. Почва участка земли, сдававшегося в аренду, была загрязнена нефтью в результате деятельности арендатора. По прекращении аренды участок был продан и власти потребовали от нового владельца устранить нефтяное загрязнение. Выполняя требования, новый владелец попытался обязать действительного виновника загрязнения (прежнего арендатора) взять на себя понесенные им расходы. Однако это ему не удалось, т.к. по условиям аренды срок давности в соответствии с параграфом 558 Гражданского кодекса ФРГ составляет 5 месяцев с момента начала аренды (то же самое касается и условий сдачи внаем). Таким образом, действительный виновник загрязнения не понес наказания.

В настоящее время отстаивается неограниченный принцип ответственности, который, правда, имеет и своих противников, например, в промышленной сфере.

Сложившаяся в восточногерманских землях ситуация определяет требования западногерманских фирм о проведении экспертиз техногенных массивов перед покупкой земельных участков.

В настоящее время обсуждается вопрос о формировании материальных средств для очистки техногенных массивов. В качестве альтернативных рассматриваются варианты создания фондов, средства в которые будут отчислять производители отходов; увеличение налогов законодательным путем; создание специализированной организации или общества (типа ТОО) из представителей производителей отходов и лиц, ведающих проблемами свалок.

3. Мероприятия по обнаружению и очистке техногенных массивов

Практика последних лет показала целесообразность поэтапного преобразования техногенных массивов, предусматривающего: признание факта наличия старых нагрузок; оценку масштабов опасности; планирование очистных мероприятий; осуществление восстановления и контроля.

На первом этапе необходимо установить основные причины загрязнения путем анализа имеющейся информации и проведения экспертиз с целью составления кадастра «старых нагрузок», обеспе-

чивающего выбор приоритетных направлений восстановления экологического равновесия.

Определение масштабов опасности предусматривает дальнейшее исследование и оценку отдельных загрязненных участков. Если наличие опасности подтверждается, то затем конкретизируется ее вид. На этом этапе рекомендуется сотрудничество специалистов различных направлений (по меньшей мере геотехников, химиков)).

Планирование очистных мероприятий имеет целью выбор способов природоохранных и очистных работ, наиболее подходящих для конкретного случая. Этап планирования может продолжаться до проектирования восстановительных мероприятий, охватывая весь комплекс организационных проблем.

Проведение природоохранных и очистных мероприятий направлено на устранение опасности для человека, грунтовых вод и растительного мира. Этот технико-технологический этап, как правило, выполняется специальными фирмами.

Понятиями «наблюдения» и «контроль» охватываются все мероприятия, обеспечивающие долговременную оценку состояния восстанавливаемого массива.

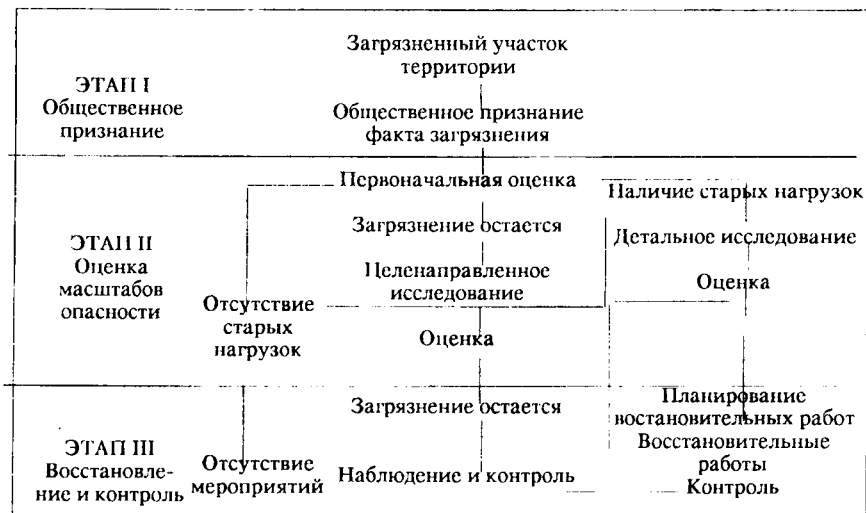


Рис. 2.1 Схема процесса восстановления нарушенного массива

Часто три последние этапа объединяют и схематическое изображение процесса восстановления выглядит следующим образом (рис. 2.1).

4. Паспортизация «старых нагрузок»

Общественное признание проблемы «старых нагрузок» формируется на основе информации, получаемой из обзора, включающего первоначальную оценку загрязненных территорий и исходящей от них опасности. Полученный материал позволяет наметить программу детальных исследований и заносится в кадастр. При этом используются также карты в масштабе 1:250000 для Земель ФРГ, а в более крупных масштабах для округов и муниципалитетов.

«Старые нагрузки» обычно регистрируют инженерные бюро по заданию соответствующих министерств федеральных земель и потом результат направляют в земельные ведомства по охране окружающей среды, а информацию о дальнейших действиях в компетентные правительственные круги. Схема решения задачи регистрации старых нагрузок приводится на рис. 2.2. Сбор, обработку и регистрацию информации выполняют в определенном порядке, регламентируемом специальным документом - паспортом. Принятая в ФРГ форма паспорта «старых нагрузок» приводится в приложении 3.

В ходе паспортизации техногенных массивов обычно ограничиваются анализом части массива объемом не более 100 куб.м. Если существует реальная опасность, то объем исследования не ограничивают; в случае острой опасности уже на подготовительном этапе необходимо информировать об этом земельные ведомства и комитеты, ведающие водным хозяйством; особенно это касается техногенных массивов, расположенных в водоохранной зоне.

Крайне необходимым является вопрос точного картирования массива. На этапе предварительного изучения оцениваются следующие материалы: акты; карты и аэрофотоснимки методом сравнения; публикации в прессе; опросы; результаты осмотров местности.

Изучаются документы комитетов по вопросам окружающей среды и водных ресурсов, окружных властей (советов округов), земельных комитетов по делам геологии (GFE, окружных комитетов по делам геологии), комитетов, ведающих горной промышленностью, комитетов по топографии, управлений водного хозяйства (дирекций водного хозяйства), управлений лесничествами, городских и окружных управлений (муниципалитета города, муниципалитета округа).



Рис. 2.2 Схема решения задачи регистрации старых нагрузок

При изучении карт и аэрофотоснимков обращают внимание на сравнительный анализ информации, полученной в различное время (наличие шахты - отсутствие шахты). Аэрофотоснимки следует использовать прежде всего при наличии карт плохого качества. К недостаткам карт следует отнести то, что на них изображен лишь выбранный объект (прежде всего на мелкомасштабных картах), карты большего масштаба также дают обобщенное представление; данные об использовании стойких малолетучих соединений, оказывающих влияние на загрязнение площадей часто отсутствуют, а использование отдельных категорий по классам загрязнения подается в обобщенном виде; на картах не отражены высмки кратковременного использования и нечетко определены координаты выработок, существующих длительное время. Преимущество карт в том, что их составление не связано с большими техническими и временными затратами, и в тоже они являются единственными доступными источниками информации.

Оценка аэрофотограмметрических снимков, произведенных на различные моменты времени (в динамике), даст, в отличие от анализа карт, достаточно четкие дифференцированные результаты, изображения носят объективный и конкретный характер. Предпосылкой для эффективной оценки состояния объекта могут быть облеты с короткими интервалами времени, что позволяет вычислить объем массива при четкой фиксации транспортных артерий. Обычно бывает трудно определить целевое назначение и использование построек, так как они скрыты крышами, при этом идентифицировать другие сооружения не представляет сложности, а по производственным процессам можно также определить типы загрязнения.

Осмотр местности с целью выявления нарушенных территорий, установления границ техногенного массива и определения характеристик грунтов и поверхности лучше всего производить в невегетационный период (середина октября - середина апреля).

Опыт показывает, что предварительные исследования (соответствующие стадии выполняемого в российской практике технико-экономического обоснования) должны быть произведены в максимально короткие сроки.

Анализ отдельных методов обнаружения (работа с картами, акты и опросы, работы на местности) показал, что 60% информации поступает из документов и опросов, 40% - из карт; менее 20% мест расположения свалок выявлено с использованием обоих источников. Результаты тщательного анализа обычно не подтверждают ранг опасных 30-40% исследуемых массивов.

Таким образом, в результате изучения материалов 30% массивов обнаружено благодаря актам и опросам, 15% с помощью карт, 20% в результате работ на местности.

В земле Рейнланд-Пфальц из всех обнаруженных техногенных массивов 52% содержит строительный мусор и загрязненный грунт с примесями, 46% - коммунальный и промышленный мусор, 2% - массивы с неизвестным содержанием. Состояние нарушенных площадей характеризуется следующими данными; 27% были искусственно восстановлены (отличия почти незаметны); 24% самовосстановились естественным путем (отличия почти незаметны); 49% не восстановлены.

Установлено распределение массивов по объему: средний объем составляет около 3500 м³; 80% массивов имеют объем меньше 10000 м³; 90% - меньше 20000 м³; 50% всех отходов залегают на свалках объемом менее 37000 м³; 42% всех отходов залегают на свалках объемом более 50000 м³, что составляет лишь 4% всех свалок. Очевидно, что оперативного вмешательства требуют прежде всего большие свалки; можно предположить, что в среднем на одного жителя приходится 60 м³ «старых нагрузок». Установлено отсутствие прямой связи между масштабами населенного пункта и количеством свалок; в качестве приближенного можно назвать соотношение 10 свалок на один населенный пункт.

В любом случае обнаружение техногенных нагрузок целесообразно связывать с возможными вредными последствиями, что позволяет выбрать приоритетные направления исследований. Шлюссер (1988) разработал систему оценки, учитывающую в баллах следующие факторы:

- наличие предположения о размещении экологически вредных веществ - 1000;
- наличие общих сведений о возможном складировании экологически вредных веществ - 1350;
- наличие общих сведений с указанием производителя экологически вредных веществ или принадлежности его к определенной отрасли промышленности - 2000;
- наличие конкретных сведений о залегании экологически вредных веществ с указанием их вида и предположительно производителя - 2750;
- расположение вблизи водоохранной зоны - 300;
- удаленность от водоохранной зоны - < 225 (зона I, II, III);

- удаленность от водоемов - < 225 ;
- зависимость от прилегающих территорий жилой застройки и другого направления использования - < 225 ;
- расположение в природоохранной зоне - 150.

Шлюссер выстраивает количество баллов пропорционально возможным опасным последствиям. Вероятность опасности может быть велика, если, например, небольшое количество баллов является следствием отсутствия информации. Фактически опасными могут быть нагрузки, вредное влияние которых лишь предполагается и поэтому они набирают меньшее количество баллов. Опасность для окружающей среды рассматривается в таком случае на уровне более 1000 баллов.

1. Общие сведения

После обнаружения техногенного массива следует определить вид опасности и вещества, которые окажут вредное воздействие на окружающую среду, при этом нужно учитывать все возможные пути распространения веществ и объекты экологической защиты. Сложность состоит в том, что до настоящего времени отсутствуют общепризнанные критерии, позволяющие указать наличие опасности для объектов экологической защиты. В настоящее время во многих федеральных землях Германии ведутся работы в этом направлении, однако единая для всей страны система отсутствует.

Объектами экологической защиты является человек и живая и неживая природа, а диапазон оценки опасности во времени охватывает настоящее и будущее. На основании оценки угрозы определяются приоритеты дальнейших исследований и восстановительных мероприятий, для чего в качестве необходимых привлекаются сведения о поведении и наличии веществ в отходах, почве, грунтовом основании, содержащемся в нем воздухе и воде, а также сведения о воздействии вредных веществ (токсичность по отношению к людям и окружающей природе). Отсутствие однозначного ответа на эти вопросы позволяет считать целесообразным введение понятия угрозы загрязнения. Исходным пунктом этого понятия является источник загрязнения и сфера воздействия, характеризующаяся следующими основными элементами: свойствами и объемами попавших в земную кору веществ, включая продукты реакций; пространственно-временным распространением вредных веществ; типом и размерами защищаемых объектов во взаимосвязи с направлением их использования (в настоящее время и планируемым).

В дополнение к сказанному, отметим некоторые позиции Совета по вопросам экологии, представляющие интерес в решении проблемы «старых нагрузок».

1. Описать размеры опасности не представляется пока возможным.

2. О «неблагополучных» условиях (например, наличие отходов, содержащих диоксин) можно говорить лишь тогда, когда предположения обоснованы фактическим материалом и распространение вредных веществ может привести к возникновению

опасности для объектов защиты и, прежде всего, для здоровья человека.

3. Способ определения масштабов опасности основан на методе выборочных проб, что не исключает возможности неполного (недостаточно полного) охвата изучаемого объекта (это относится к массиву отходов, загрязненной среде и путям распространения). Особенно важно это при установлении типа и определении объема вредных веществ в отходах.

4. Сведения о масштабах опасности ограничены вследствие: неполных данных о составе и количестве вредных веществ и их производных; отсутствия необходимых параметров для определения состава этих веществ; отсутствия достаточных сведений о свойствах и распространении веществ и их производных в охраняемых средах; недостаточных сведений о соотношении между физико-химическими свойствами веществ и их воздействиями; отсутствия единых и общепринятых критериев оценки их воздействия.

2. Свойства и объем вредных веществ

Наличие сведений об отраслях промышленности, которые были представлены на изучаемой территории, позволяет в значительной степени выявить спектр имеющихся веществ.

Масштабы опасности воздействия вредных веществ определяются:

1. Физическими свойствами, включая величину и форму молекул, агрегатное состояние, плотность, летучесть, вязкость, сорбционную способность к органическим составляющим почвы, растворимость, температуру воспламенения, пределы взрывоопасности.

Эти свойства определяют подвижность (мобильность), ремобилизационную способность, выщелачиваемость и смешиваемость веществ.

2. Химическими свойствами, включая реактивность с водой, почвой и грунтами, устойчивость и окисление, способность к образованию соединений, способность к разложению (биологически и химически), стойкость, изменчивость.

3. Токсикологическими и гигиеническими свойствами, включая токсичные и канцерогенные, органолептические (запах, цвет) и токсичные для окружающей среды свойства, способность накапливаться

в биологических средах, синергетические и антагонистические свойства.

Анализ особенностей бывших промышленных объектов позволил разработать систематизацию этих объектов в зависимости от принадлежности их к той или иной отрасли промышленности и выявить перечень веществ, характерных для данного типа промышленных объектов и представляющих возможную опасность (см. приложение 4). Обширная палитра вредных веществ свидетельствует о необходимости привлечения специалистов для оценки степени токсичности изучаемых территорий.

**ПЕРЕЧЕНЬ НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ ВЕЩЕСТВ
В ОСТАТОЧНЫХ НАГРУЗКАХ**

Аценафтен	2,4-дихлорфенол	Пентахлорфенол
Акрилнитрил	1,2-дихлорпропан	Фенатрен
Алдрин	Дихлорбензол	Фенол
Соединения аммония	2,4-динитрофенол	Фталат
Антрацен	2,4-динитротолуол	Ртуть и соединения
Сурьма и соединения	Эпихлоргидрин	Кислоты и основания
Мышьяк и соединения	Этилбензол	Селен и соединения
Асбест	Фторанты	2,3,7,8-ТСДД
Бензин	Фтор	Дегтярные масла
Бензопирен	Фториды	1,1,2,2-тетрахлорэтан
Бензол	Фторосиликаты	Тетрахлорэтен
Бериллий и соединения	Гексахлорбензол	Тетрахлорметан
Свинец и соединения	Гексахлорциклогексан	Тетраэтиловый свинец
Кадмий и соединения	Двуокись углерода	Таллий и соединения
Хлорбензол	Крезол	Тиоцианаты
Хлорфенол	Медь и соединения	Толуол
Хром и соединения	Мезитилен	1,2,4-трихлорбензол
Цианиды	Метан	1,1,1-трихлорэтан
ДДТ	Нефть	1,1,2-трихлорэтен
1,2-дибромэтан	Нафталин	Трихлорэтен
1,1-дихлорэтан	Никель и соединения	Трихлорметан
1,2-дихлорэтан	Нитробензол	2,4,5-трихлорфенол
1,1-дихлорэтен	РАН	Ванадий и соединения
1,2-дихлорэтен	РСВ	Винилхлорид
дихлорметан	РСН	Ксилол
		Цинк и соединения

Подземное пространственное и временное распространение вредных веществ

Распространение вредных веществ во времени и пространстве целесообразно рассмотреть исходя из характера контакта с защищаемым объектом.

При загрязнении через воздух на местности образуются вещества во взвешенном состоянии, газы или пары, которые проникают в почву, воздух или воду, либо непосредственно воздействуют на человека, растительный и животный мир.

В случае водного пути загрязненные фильтрационные, грунтовые и поверхностные воды проникают в водосмы, подземные воды, почву и грунты или непосредственно воздействуют на объекты экологической защиты. При взаимодействии с растительностью возможны другие пути распространения, связанные с цепочкой питания: воздух/грунтовые и поверхностные воды -> почвы -> растения/животные -> питание и корма -> человек.

Почвы нельзя рассматривать в качестве путей распространения загрязнения. Они являются исходной или промежуточной средой, а также неактивным средством распространения. Их особенность заключается в способности к накоплению, фильтрации, нейтрализации и разложению вредных веществ. Загрязнение распространяется по одному, последовательно или одновременно по нескольким направлениям и возможные пути распространения вредных веществ должны проверяться на восприимчивость к загрязнению. Следует устанавливать наличие вредных веществ в воде, воздухе и почве; а также возможность выделения их в будущем и вероятные пути распространения.

Факторы риска, обусловленные особенностями местности, играют здесь большую роль. Необходимо установить, возможны ли при существующем геологическом строении территорий и пространственном положении загрязнения перенос вредных веществ, прямой контакт с ними или отсутствие взаимодействия.

Беспорядочные остаточные нагрузки (с сегодняшней точки зрения) представляют собой факторы риска, что связано с составом и распределением вредных веществ, а также особенностями местности.

↑ Факторы риска, определяющиеся особенностями местности могут быть связаны с такими производственно-техническими показателями, как засыпка в песчаные и гравийные карьеры и т.д.;

промежуточная изоляция в старых свалках; совместное залегание реагирующих друг с другом веществ; отложения нефтяных и пульпообразных осадков в углублениях из строительного и коммунального мусора; использование загрязненного строительного мусора, материалов горного производства для рекультивации техногенных нагрузок; способ экранирования дна, бортов и поверхности свалки; отсутствие экранирования; соединения веществ, которые могут привести к тлению и пожарам в массиве свалки; размыв отложений подземными водами; способ разрушения сооружений (при их сломе); местонахождение и назначение отдельных сооружений недействующего предприятия; последствия войны.

К факторам риска также относятся гидрологические и гидрогеологические условия территории - морфология местности, структуры растительного мира, геологическое строение (литологический состав, мощность и характер залегания, проницаемость горных пород, наличие трещин и карстовых пустот), гидрохимические и гидродинамические показатели.

Прочие факторы риска могут быть связаны с климатическими условиями (например, осадками), близостью водосмов, наличием старых нагрузок и старых промышленных зон, спецификой использования территории.

На распространение твердых и жидких вредных веществ влияют свойства этих веществ; литологический состав естественных оснований; расположение техногенного массива по отношению к грунтовым водам; направление движения потока и свойства грунтовых вод; механизм переноса вредных веществ; восполнение грунтовых и фильтрационных вод; свойства фильтрационных вод.

Систематизация факторов распространения вредных веществ приводится в табл.2.1.

Анализ приведенных данных свидетельствует о недостаточной изученности отдельных факторов. В первую очередь это касается оценки механизма химических взаимодействий вредных веществ с геологической средой. В данном случае может помочь приближенный метод, который описывает характер происходящих в грунте (основании) процессов. Так, например, главными показателями миграции в грунтах являются плотность и вязкость, легучесть, относительная плотность водяных паров по сравнению с грунтовым воздухом для процессов испарения), относительная плотность паров по сравнению с водой, растворимость в воде и смешиваемость с водой (для процессов распространения). При описании процесса распространения загрязнения в воде широко используются методы моделирования, в частности метод гидравлического моделирования.

ТАБЛИЦА II.1

**ФАКТОРЫ ПОВЕДЕНИЯ (СВОЙСТВ) И ПЕРЕНОСА ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ
ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ГРУППАХ И ГРУНТОВЫХ ВОДАХ**

(Источник: Zusammenstellung SRU, nach Dorstewitz, 1987, Ehrig, 1988, LAGA, 1989;
MELUF BW, 1985.)

1. Исходные объемы, состояния и свойства вредных веществ 1.1. Вредные вещества в их объемах и состояниях - растворенные вещества - вещества в форме суспензий - вещества в форме эмульсий 1.2. Вредные вещества с точки зрения их реактивности - инертные вещества - стойкие вещества - полностью разложившиеся вещества - не полностью разложившиеся вещества с токсическими продуктами распада (образование метаболитов) - не полностью разложившиеся вещества без токсических продуктов распада 1.3. Механизм редуцирования вредных веществ* - химическое выпадение - комплексообразование - механическая фильтрация - адсорбция, абсорбция - испарение - обмен ионами - гидролиз - биоаккумуляция - аэробный и анаэробный распад, анаэробная биосорбция - фотохимический распад - разжижение 2. Факторы, влияющие на распространение вод, загрязненных вредными веществами 2.1. Строение и структура грунтов (водонасыщенных и водоненасыщенных зон) - породный состав и расположение слоев - проницаемость пород - проницаемость разломов, линии тока грунтовых вод, препятствие для движения грунтовых вод 2.2. Расположение техногенного массива и загрязненного участка земли - в водоносном пласте	- выше максимального уровня грунтовых вод 2.3. Движение и свойства грунтовых вод - мощность водоносного пласта - скорость движения грунтовых вод - направления течения грунтовых вод - глубина залегания грунтовых вод и ее колебания - условия водопонижения и состояния поверхностных вод, включая участки, подверженные паводку - физические и химические свойства грунтовых вод 2.4. Механизмы переноса вредных веществ в грунтовых водах - транспортировка потоком воды (конвекция) - перенос частиц в результате движения молекул (диффузия) - изменения концентрации вследствие различных скоростей движения воды в поровом пространстве (дисперсия) - взаимодействие физического и химического характера с минеральным скелетом (например, сорбция) или другими веществами, содержащимися в грунтовой воде - оседание или взвешивание вредных веществ в фильтрационной и грунтовой воде в результате различной вязкости и плотности 2.5. Новое образование грунтовых и фильтрационных вод - объем и интенсивность осадков - выход на поверхность - испарение - инфильтрация (капиллярное поднятие) 2.6. Свойства фильтрационных вод и масел - физические свойства (например, растворы, суспензии, эмульсии) - химический состав

* Нужно учитывать возможность обратимости данных механизмов

При оценке опасности необходимо также учитывать распространение вредных веществ в воздухе. В результате реакций органических веществ вследствие аэробных и анаэробных микробиологических превращений образуются преимущественно метан и углекислый газ, которые выходят на поверхность («свалочный» или болотный газ). Благодаря их растворимости и обусловленному температурным режимом давлению газа возникают твердые и жидкие вредные вещества (например, легколетучие органические галогенные соединения). Результатом взаимодействия является образование продуктов химических реакций в водной среде (или без нее): аммиак, фосфорные, серные, мышьяковистые и цианистые углеводороды.

Важными факторами, определяющими распространение вредных веществ и характеризующими поведение газов, являются состав и объем отходов в старых нагрузках, а также состав смесей веществ на бывших производственных площадках в сочетании с продуктами их химического взаимодействия, содержание воды и гигроскопичность, неоднородность и плотность тела массива, физические и химические свойства газов и паров, режим давления и температуры, механизм абсорбции и диффузии, пористость, газопроницаемость поверхностей и экранирующих слоев, дренажи; климатические условия.

Существуют различные теории распространения вредных веществ и данные о периоде (временном диапазоне) газообразования и характере распространения. Исследования процесса распространения хлористого углерода показали, что горизонтальное распространение продукта в связных рыхлых породах происходит также очень быстро. Для прогноза этого процесса имеются математические модели, разработанные (техническим агентством) ТА и комиссией по поддержанию чистоты воздуха Общества немецких инженеров (VDI).

Понятием «проявление» (экспозиция) обозначают тип и способ загрязнения объектов экологической защиты вредными веществами. Важными факторами вредного воздействия являются масштабы проявления, токсические свойства вредных веществ и восприимчивость объектов защиты.

Воздействие на окружающую среду происходит почти постоянно в течение длительного периода времени (независимо от использования).

Проявление вредных веществ в отношении остальных объектов экологической защиты, особенно человека, обусловлено факторами

использования объектов окружающей среды. Проявление их в окружающей среде, необусловленное факторами использования, может быть устранено в общих чертах в результате санирования источников загрязнения.

Одной из важнейших экологических систем, подвергающихся опасности, являются грунтовые воды. Загрязнения происходят чаще всего в результате засыпки песчаных и гравийных карьеров в местах распространения водоносных пластов. Перенос вредных веществ ведет к загрязнению площади, значительно превышающей первоначальную территорию техногенного массива (для хлористых углеводородов зафиксирован путь миграции до 20 км).

Ликвидация источника вредных веществ не устраняет самого загрязнения грунтовой воды.

Загрязнение грунтовых вод связано с нарушением условий движения грунтовых вод в результате статического воздействия старых нагрузок (увлажнение, высыхание). Последствия воздействия вредных веществ проявляются в следующих формах:

- органические загрязнения обуславливают рост микроорганизмов, повышение расхода кислорода и проникновение многоклеточных организмов в грунтовую воду. В восстановительной зоне происходит разложение сульфатов и нитратов, увеличивается содержание соединений аммония и количество микроорганизмов;
- наличие тяжелых металлов приводит к вымиранию и изменению некоторых видов организмов;
- взаимодействие микроорганизмов и химикатов может привести не только к разложению проникших в воду веществ, но и к образованию ядовитых веществ.

Все перечисленные процессы могут оказать воздействие на возможность самоочищения системы.

Почвы выполняют регулирующую продуктивную функцию, а также являются средой обитания микроорганизмов. Через воздух происходит отток или поступление O_2 , N_2 , CO_2 к организмам, обитающим в почве. Вредные вещества из старых нагрузок могут вытеснять из грунтового воздуха необходимые газы или оказывать токсическое воздействие, что может привести к гибели растений. Живые организмы, обитающие на поверхности (включая человека), также могут оказаться под вредным воздействием воздуха из старых нагрузок.

Человек может стать объектом вредного воздействия также посредством взаимосвязи со средой, что может проявиться в нарушениях самочувствия и здоровья. О воздействии вредных веществ, обусловленном факторами человеческой деятельности, можно говорить в том случае, если исходящая от старых нагрузок опасность находится в непосредственной связи с осуществляемой или планируемой деятельностью человека. Приоритеты объектов экологической защиты напрямую связаны с их использованием. Загрязненные первичные объекты могут оказывать вредное воздействие на вторичные.

Пример. Фабрика по обработке текстиля использовала такие вредные вещества, как ароматические углеводороды, хлор-углеводороды, нефтепродукты, тяжелые металлы, фосфаты, фториды. Предполагаемое использование территории - жилищное строительство, сады, колодцы, мелкие ремесленные предприятия. Степень влияния вредных веществ на здоровье человека можно установить при помощи сведений, приведенных на рис. II.3 и табл. II.2.

ТАБЛИЦА II.2

ХАРАКТЕРИСТИКА НАНОСИМОГО УЩЕРБА

Ущерб (угроза), наносимый объектом экологической защиты		Угроза, связанная с типом использования
Почва:	скопление тяжелых металлов	Проживание, работа на предприятиях Садоводство: водозабор из скважин для полива Использование воды из скважин для промышленных целей
Вода:	загрязнение хлор-углеводородами, нефтью	
Воздух:	выделение ароматических и хлор-углеводородов	
Растительный мир:	скопление тяжелых металлов, ущерб (угроза) вегетации, наносимый фторидами	
Человек:	соприкосновение с кожей; проникновение (с приемкой пищи) вредных веществ из полезных растений	

Специфика использования территории позволяет определять тип восприятия человеком вредных веществ: орально, через органы дыхания или соприкосновение с кожей.

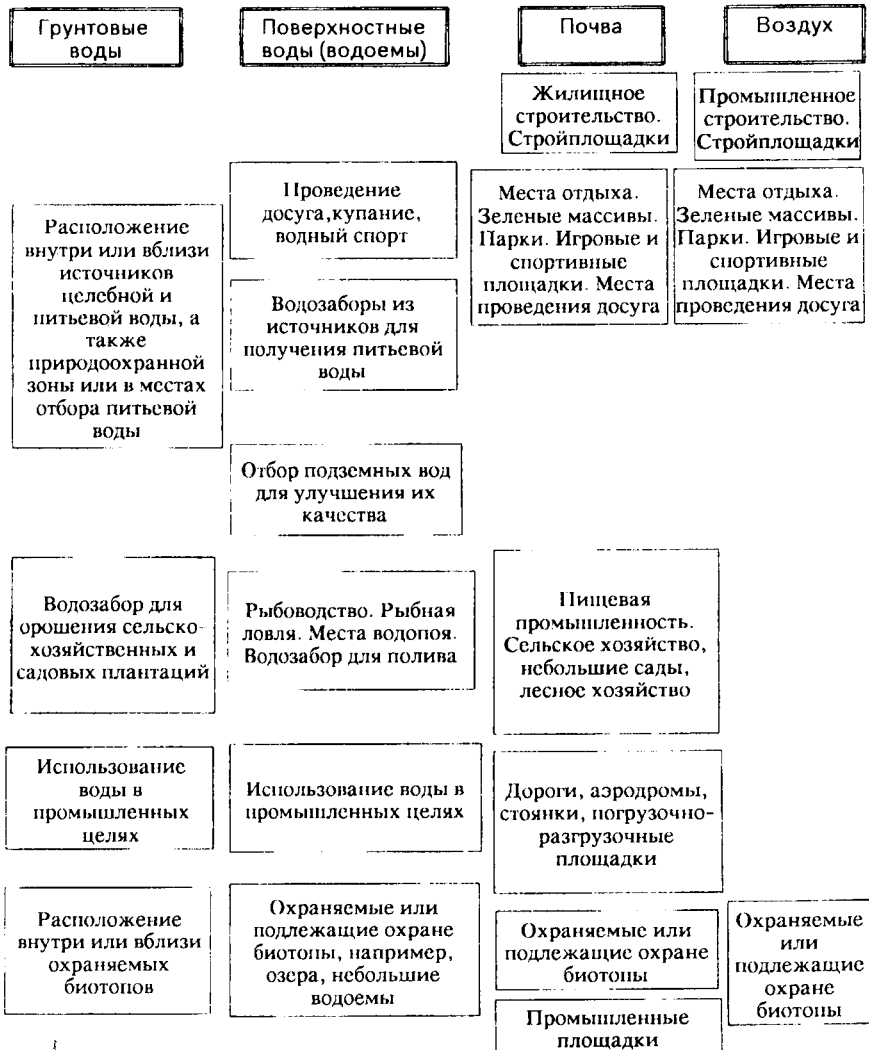


Рис. II.3 Характеристики использования территорий «старых нагрузок» и их окрестностей (SPU, Luhr und Zipfel, 1989)

Объем, тип и способ воздействия вредных веществ также зависят от путей проявления загрязнений (экспозиции).

При определении приоритетов охраны объектов экологической защиты следует исходить из интенсивности их использования и восприимчивости вредного воздействия. Прежде всего должны обеспечиваться безопасные условия проживания и работы, а также использования питьевой воды. Далее следует использование территорий для кратковременного отдыха, размещения транспортных коммуникаций и промышленных предприятий.

3. Критерии оценки опасности заражения

До сих пор в Германии нет общепринятых критериев оценки вредного воздействия в зависимости от концентрации веществ. В то же время известны категории величин, являющихся обязательными характеристиками среды:

- допустимые, единичные и средние значения, определенные вне сферы влияния возможно загрязненных территорий и служащие для установления факта загрязнения (второстепенные значения);
- приблизительные значения - не гарантированные, сравнительные для оценки степени загрязнения (расчетные значения);
- контрольные значения - превышение их свидетельствует о необходимости дальнейших мероприятий или исследований - (предельные значения);
- максимальные значения - гарантированные значения, которые не могут превышать (пороговые значения).

Наибольшей известностью пользуется голландская «таблица тестов» (голландский список), которая содержит относительные и контрольные значения применительно к трем уровням концентрации:

A - относительные значения;

B - контрольные значения, превышение которых свидетельствует о необходимости дальнейших исследований;

C - контрольные значения, превышение которых свидетельствует о необходимости восстановительных мероприятий.

Значения не определяют фактор риска или воздействие как таковое, но служат предупреждением опасности заражения.

Для целого ряда веществ не существует ни ориентировочных, ни контрольных значений; в этом случае используются списки веществ, а также перечни встречающихся в природе или экологически вредных соединений (приложение 5).

Критерии оценки загрязнения грунтовых и поверхностных вод

Загрязнение вод вредными веществами происходит в следующих случаях:

- «старые нагрузки» приурочены к грунтовым и поверхностным водам;
- вредные вещества проникают в грунтовые и поверхностные воды с фильтрационной водой;
- жидкие вредные вещества просачиваются через грунт;
- вредные вещества попадают в поверхностные воды с талыми водами, пылью или из находящихся близко к поверхности грунтовых вод.

В данном случае не может быть ориентировочных и контрольных значений, т.к. свойства воды определяют геологические и техногенные характеристики вне зоны массива; этот фактор нужно учитывать при использовании голландского списка.

Чтобы констатировать загрязнение, вызванное вредными веществами техногенного массива, выполняют сравнительный анализ проб воды в верхнем и нижнем течении подземного потока.

При оценке анализов проб в нижнем течении используют допустимые значения природной (табл. П.3) и техногенной концентрации веществ. В качестве допустимых принимают средние значения параметров грунтовых вод для данного региона. Соответствующие значения получены для 80 регионов Земли Северный Рейн-Вестфалия. Если значения определяемых параметров превышают средние показатели, необходимо произвести отдельные замеры в окрестности, где нет явного воздействия техногенных нагрузок. Для оценки концентрации веществ в верхнем и нижнем течении необходимо учитывать значимость показателей разницы (в зависимости от метода анализа).

Анализ концентрации вредных веществ в стоячих водах проводится на основе сравнения со значениями в стоячих водах окрестности, не подверженной влиянию массива. Для сравнения целесообразно использовать значения содержания вредных веществ притекающих грунтовых вод. Для обнаружения проникновения вредных веществ в воду можно использовать также анализ осадков.

Ориентировочные, а также частично контрольные и максимальные значения определяются в следующих случаях:

- использовании питьевой воды (для грунтовых вод) в соответствии с предписанием о питьевой воде и воде для предприятий пищевой промышленности, с директивой (стандартом) 30/773 ЕЭС о качестве потребляемой (человеком) воды, с предписанием немецкого союза по вопросам газа и воды (1975) № 151 о пригодности поверхностных вод в качестве питьевой воды, с директивой 75/440 ЕЭС о требованиях качества поверхностных вод при использовании их как питьевой воды для стран-участников сообщества;
- использовании водоемов для купания, исходя из директивы ЕЭС 75/160 о качестве воды для купания;
- использовании водоемов для рыбной ловли в соответствии с директивой ЕЭС 78/659 о качестве пресной воды с целью сохранения среды обитания рыб;
- использовании воды для полива в соответствии с проектом ведомства земли Рейнланд-Пфальц по вопросам сельского хозяйства (земельный комитет по вопросам водных ресурсов и отходов земли Северный Рейн-Вестфалия, 1984);
- охране водоемов особого значения в соответствии с директивой Совета по вопросам окружающей среды (1987).

Для качественной оценки воды на токсичность используются следующие нормативы: каталог вредных для водоемов веществ (общий министерский список, 1985, 1987), список веществ ассоциации комитета советников по вопросам вторсырья (BVA, 1986, 1988), директива ЕЭС 76/464 относительно загрязнения в результате сброса определенных вредных веществ в водоемы, директива ЕЭС 80/68 об охране грунтовых вод от загрязнения вредными веществами.

ТАБЛИЦА П.3.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДЫ II КАТЕГОРИИ

(Источник; Совет по вопросам окружающей среды, 1987)

Параметр	Значение
1. Температура ($T_{\max}^{\circ}\text{C}$) летняя, min летняя, max	25 28
2. Кислород (мг/л) ¹⁾	≥ 6
3. Водородный показатель, pH	6-9
4. Аммоний (мг/л) ¹⁾	$\leq 0,3$
5. Азот (мг/л) ²⁾ всего летом	5
6. Азот (мг/л) ²⁾ всего зимой (ноябрь-март)	7
6. Биохимическое потребление кислорода (мг/л) ¹⁾	2-6
7. CSB (мг/л)	≤ 15
8. Фосфор (всего) (мг/л)	$\leq 0,3$
9. Железо (всего) (мг/л)	$\leq 1,0$
10. Цинк (всего) (мг/л)	$\leq 0,5$
11. Медь, (всего) (мг/л)	$\leq 0,04$
13. Никель (всего) (мг/л)	$\leq 0,05$
14. Свинец (всего) (мг/л)	$\leq 0,05$
15. Кадмий (всего) (мг/л)	$\leq 0,05$
16. Ртуть (всего) (мг/л)	$\leq 0,005$
17. Тесты на токсичность Нет токсического воздействия на бактерии, во- доросли, животных, питающихся рыбой, рыбу	$\leq 0,0005$

¹⁾ Значения по IAWA 1976

«Карта водных ресурсов ФРГ»

²⁾ С учетом денитрификации в очистных сооружениях

Директивы ЕЭС состоят из двух списков, которые подразделяют вещества по их токсичности. Для списка № 1 («черный» список) было предложено 129 веществ (официальный листок ЕЭС, 1982).

На территории ФРГ имеет силу каталог вредных для водоемов веществ (ГМВЕ 1985, насчитывающий 500 наименований по 4 категориям токсичности).

Предписание (1989), касающееся сточных вод, содержит требования (максимальные значения) к качеству фильтрационных вод с коммунальных свалок и показатели степени чистоты при их попадании в водоем. Анализ агрессивности загрязнения вод по отношению к бетону выполняют с использованием норматива DIN 4030 (водородный показатель; растворяющие известь углеводороды; наличие аммония, магнезии, сульфатов).

Критерии оценки загрязнения почв и грунтов

Предварительную оценку степени загрязненности почв под воздействием «старых нагрузок» выполняют согласно списка веществ Акционерного общества «Охрана почв», содержащем перечень веществ и их групп, представляющих опасность для почв (табл. 2.4).

Такие вещества как сурьма, селен, ванадий, соединения бора, бромиды, фталаты, октахлорстирол, примеси и детергенты требуют дополнительного анализа на принадлежность их к списку вредных веществ.

ТАБЛИЦА II.4

*ВЕЩЕСТВА И ГРУППЫ ВЕЩЕСТВ, ОПАСНЫЕ ДЛЯ ПОЧВЫ И ЕЕ ФУНКЦИЙ
(УМК, 1987)*

А)	Наиболее распространенные вредные вещества <i>Неорганические вещества:</i> свинец, кадмий, медь, никель, ртуть, цинк, алюминий, мышьяк, азотная кислота/нитраты/, серная кислота/сульфаты/, соляная кислота/хлориды/ <i>Органические вещества:</i> полихлорбифенилы, терфенилы и нафталин (PBC, PCT, PCN); гексахлорбензол (HCB)
В)	Потенциально опасные вещества в зависимости от местных условий <i>Неорганические вещества:</i> хром, таллий, бериллий, кобальт, уран, жидкие кислоты/фториды, цианиды, аммиак/соли аммония/ <i>Органические вещества:</i> минеральные масла, неароматические вещества, ароматические углеводороды, особенно бензол, толуол, нафталин, дикват, паракват

Земельная рабочая группа по вопросам отходов (LAGA) опубликовала альтернативный список устойчивых вредных веществ в почве, включающей тяжелые металлы и микроэлементы, кадмий, свинец (вредные для человека и животных); мышьяк, ртуть, таллий, а также цинк, медь, никель, хром (вредные для растений); органические соединения; полихлорбифенилы (PCB), полимерные ароматические углеводороды (PAH=PAK), органохлорпестициды.

Критерии качества почвы, содержащиеся в голландском списке, пригодны для оценки многофункционального использования почвы и определяются расчетным путем (табл. II.5).

ТАБЛИЦА II.5

ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ

(Голландия, критерии качества почв - BQ (по данным Моеп, 1988;

VROM NL, 1988)

Название	Формула	Стандартное допустимое значение для почв (H=10/L=25), (мг/кг сухого вещества)
Хром	$(Cr) = 50 + 2L$	100
Никель	$(Ni) = 10 + L$	35
Медь	$(Cu) = 15 + 0,6 (L + H)$	36
Цинк	$(Zn) = 50 + 1,5 (2L + H)$	140
Кадмий	$(Cd) = 0,4 + 0,007 (L + 3H)$	0,8
Ртуть	$(Hg) = 0,2 + 0,0017 (2L + H)$	0,3
Свинец	$(Pb) = 50 + L + H$	85
Мышьяк	$(As) = 15 + 0,4 (L + H)$	29
Фтор	$(F) = 175 + 13L$	500

Примечание.

() концентрации (мг/кг сухого вещества);

H - всовое процентное содержание органического вещества в грунтах;

L - содержание глинистого материала (% по весу)

Здесь также должны учитывать местные особенности. Отметим, что значения данных в таблице не обязательно говорят об ущербе,

причиненном многофункциональному использованию почв. Использование этого списка в условиях Германии ограничено.

В голландском списке приводятся также допустимые значения для органических соединений, которые частично могут соответствовать пограничным значениям. Фактически они являются критерием качественного состава почв для некоторых соединений (табл II.2.) и пригодны для характеристики почв с 10 % содержанием органических веществ (значения разделить на 10 и умножить на фактическое содержание органических веществ). Если $I_{om} > 30\%$, то нужно использовать значение для $I_o = 30$, если $I_{om} < 2\%$, то использовать для 2 % Н-значение.

ТАБЛИЦА II.6

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ ГОЛЛАНДИИ (КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ПОЧВ) источник: Моен, 1988, VROM N1, 1988 с изменениями)

Название	Ориентировочное значение при условии содержания 10 % сухого вещества (Н=10) для отдельных веществ
а) галогенные углеводороды и ингибиторы	
Гексахлорциклогексан, эндрин, тетрахлорэтан, тетрахлорметан, трихлорэтан, трихлорэтен, трихлорметан PBC с IUPAC-N28 и 52	менее 1 мг/кг
Хлорпропен, тетрахлорэтан, гексахлорэтан, гексахлорбутadiен, гептахлорэпохид, дихлорбензол, трихлорбензол, тетрахлорбензол, гексахлорбензол, монохлорнитробензол, дихлорнитробензол, алдрин, диэлдрин, хлордан, эндосульфат, трифторалин, азинфос-метил, азинфос-этил, дисульфотон, фенилроцион, партион (и параметил), триазофос PCB с IUPAC-Nr 101, 118, 138, 153, 180	менее 10 мг/кг
DDT, DDE, пентахлорфенол	менее 100 мг/кг
б) полимерные ароматические углеводороды	
нафталин, кризен	менее 100 мг/кг
фанантрен, антрацен, фторатен, бензопирен	менее 100 мг/кг
бензоантрацен	менее 1 мг/кг
бензофтортен, индено(1,2,3-сд)пирен, бензо(ги)перилен	менее 10 мг/кг
с) нефтепродукты	
для всех	менее 50 мг/кг
октан, гептан	менее 1 мг/кг

При использовании почв в растениеводстве пороговые значения неорганических вредных веществ оценивают согласно нормативов, приведенных в табл. II.7

ТАБЛИЦА II.7

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ
НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ОКУЛЬТУРЕННЫХ ПОЧВАХ**
(Источник: LAGA, 1989; LOLF, 1988)

Элемент	Пороговые значения почвы	Выявлено в первую очередь ^{**}
Кадмий	2 [*]	H
Свинец	300	H,Z
Цинк	500	P
Медь	100	P,Z
Хром	100	P(H)
Никель	100	P(H)
Ртуть	2	H
Таллий	1	H,Z
Мышьяк	40	H,P

* Для почв с водородным показателем ниже 6,5 или для песчаных почв

** H Токсичные для человека (при высоких дозах или через продукты питания)

**Z Токсичные для животных (при высоких дозах или через корм))

**P Фитотоксичные (замедление роста)

Критерии оценки загрязнения воздуха

Для оценки загрязненности производят замеры показателей состояния воздуха в месте «старой нагрузки» и с подветренной стороны. Критериями оценки служат директивы Объединения немецких инженеров, а также нормативы значений вредного воздействия, разработанные Техническим советом. Последний перечень рассматривается как контрольный, а значения, приведенные в директивах, как ориентировочные.

Общие сведения о наличии загазованности могут быть собраны исходя из документов Технического совета, Министерств экологии,

экономики Земли Северный Рейн-Вестфалия от 14.10.86 (SMBI NW 7130).

Определяющими моментами масштабов загрязнения являются: количество газов (вычисляют по нормативам Технического совета), их тип, дневное и годовое перераспределение, частота возникновения загрязнения, характер использования территории и т.д.

Анализ воздуха в закрытых помещениях проводится в соответствии со стандартом по нормативу «Загрязнение воздуха в закрытых помещениях» (SRU, 1987).

При наличии горючих газов определяющим являются параметры возгорания и взрывоопасности. Оценку этих показателей выполняют согласно рекомендаций, приведенных в работе (К. Наберт, г. Шен (1980) «Технические данные по безопасности воспламеняющихся газов и паров» - Брауншвейг, изд. Deutscher Eich Verlag).

Для оценки состояния подземных газов можно использовать значения максимальной концентрации согласно нормативам, разработанным Объединением немецких инженеров.

Приведенные выше критерии позволяют различать загрязнение фактическое и возможное с учетом особенностей использования данной территории. Следует иметь в виду, что не всякое воздействие старых нагрузок поддается количественной оценке. Основой принятия ориентировочных значений является охрана окружающей среды, а не защита от опасности. Превышение уровня ориентировочных значений говорит о возможной опасности загрязнения, а более низкие показатели не всегда означают, что обстановка в районе массива не внушает опасений.

В оценке загрязнения грунтовых вод следует исходить из самых жестких требований.

Критерии оценки воздействия на здоровье человека

В качестве исходной используется информация о свойствах веществ, имеющих в наличии, при этом особое внимание следует уделять высокотоксичным, канцерогенным и опасным для генофонда веществам.

Известно, что вредные вещества, воздействуя на человека, могут распространяться орально, через дыхательные пути и кожу. Критические пути распространения следует устанавливать на основе определения количества воспринимаемых человеком вредных веществ с учетом возможностей их проникновения.

При оценке распространения вредных веществ необходимо учитывать внешнее загрязнение (концентрация в окружающих средах) и внутреннее загрязнение определенного организма.

К внешнему загрязнению относят концентрацию вредных веществ в окружающих средах и объектах экологической защиты; фактическое количество поглощенного вредного вещества; биологическую ценность объекта. Определенное значение имеют некоторые другие факторы, в частности, реактивность вредного вещества.

В случае с газо- и парообразными веществами учитывается количество вдыхаемого вещества, а для продуктов и питьевой воды важен употребленный объем. Фактический ежедневный объем потребления сравнивают с допустимыми значениями. В табл. II.8 и II.9 приведен ряд данных о допустимых для человека дневных дозах токсичных веществ.

ТАБЛИЦА II.8

ДОПУСТИМЫЕ ДНЕВНЫЕ ДОЗЫ МЕТАЛЛОВ И ДИОКСИНОВ

Вещество		Дневная доза, мг на 1 кг веса тела
Ртуть		0,71
Метилловая ртуть		0,47
Свинец (для взрослых)		7,1
Свинец (для детей)		3,6
Кадмий		0,96-1,2
Мышьяк		2,0
Предварительные допустимые дозы для хлорбензодиоксинов и хлордибензофуранов		
Полимеры	I-TEF	Доля в соответствующей гомологической группе при статистическом распределении
2, 3, 7, 8-TCDD	1	5% (1/22)
1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0,5	7% (1/14)
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD		
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0,1	30% (3/10)
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD		
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0,01	50% (1/2)
OCDD	0,001	100% (1/1)

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ II.8

Полимеры	I-TEF	Доля в соответствующей гомологической группе при статическом распределении
2, 3, 7, 8 - TCDF	0,1	3%(1/38)
2, 3, 4, 7, 8 - PeCDF	0,5	4%(1/28)
1, 2, 3, 7, 8 - PeCDF	0,01	4%(1/28)
1, 2, 3, 4, 7, 8 - HxCDF		
1, 2, 3, 7, 8, 9 - HxCDF		
1, 2, 3, 6, 7, 8 - YxCDF	0,1	25%(4/16)
2, 3, 4, 6, 7, 8 - HxCDF		
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 - HpCDF		
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 - HxCDF	0,01	50%(2/4)
OCDF	0,001	100%(1/1)

Прочие полихлордибензодиоксины и дибензофураны должны рассчитываться по таблице эквивалентов TCDD (NATO-CCMS, 1988), с использованием международной системы эквивалентов (I-TEF), так как она соответствует современным сведениям о токсичности этих веществ.

Наряду с прямыми измерениями зараженности организма вредными веществами используют косвенные методы, основанные на определении физиологических параметров состояния человека методом биологического мониторинга. В соответствии с таким подходом определяется фактическое загрязнение, но лишь на данный момент, что не дает полной картины распространения загрязнения в прошлом и будущем. Биологический мониторинг позволяет выявить показатели загрязнения конкретного лица. Поэтому получаемые данные должны быть защищены.

Для определения повышенного содержания вредных веществ можно использовать рекомендуемые значения фоновых концентраций (табл. II.10). При этом следует учитывать такие факторы, как традиции потребления пищи и загрязненность рабочих мест, наличие инфекций и прочее (например, курение является причиной повышенного содержания в крови кадмия и летучих ароматических углеводородов).

ТАБЛИЦА II.9.

**ПРИМЕРНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОЙ ПРИРОДЕ**

(Источник: Ewers und Brockhaus, 1987)

Металлы	Исследуемый материал	Единицы измерения	Категории		
			I	II	III
Мышьяк	Волосы, моча	мг/г мг/л	<1 <15	>1 15-40	- >40
Свинец	Кровь - женщины - дети - др. волосы	мг/дл мг/дл мг/г	<15 <15 <20	15-25 15-35 >20	>25 >35 -
Кадмий	Кровь - дети - взрослые	мг/л мг/л	<1 <2	1-3 2-5	>3 >5
Ртуть	Кровь моча	мг/л мг/л	<3 <5	3-10 5-20	>10 >20
Таллий	Моча	мг/л	<2	2-20	>20

Категория I: незначительная концентрация тяжелых металлов

Категория II: показатели завышены, но не представляют опасности для здоровья

Категория III: показатели значительно завышены, не исключена опасность для здоровья

Оральный путь распространения вредных веществ касается только детей, так как попадание вредных веществ в организм происходит с землей (через руки в рот). Параметры загрязнения в данном случае нестабильны и колеблются в зависимости от возраста. Для детей дошкольного возраста рекомендуется в качестве единицы измерения использовать 1 г/день.

В таблице II.11 допустимых дневных норм (DTA-Werfe), разработанной Всемирной организацией здравоохранения, приведены значения для тяжелых металлов. IAGA дает предельные значения для детских площадок. Как видно, при соблюдении предельных значений допустимые оказываются существенно превышены.

ТАБЛИЦА II.10.

ФОНОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА И ПРОДУКТАХ ЕГО ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

(Источник: Ewers und Drockhaus, 1987)

Вещество	Исследуемый материал	Параметры	Нормальный (допустимый) диапазон)
Мышьяк	Моча	Мышьяка)	<15 мг/г тела
Свинец	Кровь молочные зубы	Свинец	<15 мг/дл <7 мг
Кадмий	Кровь моча кора надпочечников	Кадмий Кадмий Кадмий	для некурящих <1 мг/л для детей <1 мг/г тела для взрослых <2 мг/г тела <50 мг/г тела
Хлороформ	Кровь	Хлороформ	<2 мг/л
Хром	Кровь моча	Хром Хром	<2 мг/л <2 мг/л
DDT+DDE ^{c)}	Женское молоко	DDT+DDE	<4 мг/кг FB d)
Фтористый водород и фториды	Моча	Фторид	<2 мг/л
Гексахлорбензол	Женское молоко	Гексахлорбензол	<2 мг/кг FB
Гексафторцикло-гексан	Женское молоко	Гексафторцикло-гексан	<1 мг/кг FB
Кобальт	Моча	Кобальт	<1 мг/л
Оксид углерода	Кровь	СО-Нб	для некурящих <2%
Никель	Кровь моча	Никель Никель	<5 мг/л <3 мг/л
Пентахлорфенол	Кровь моча	Пентахлорфенол Пентахлорфенол	<50 мг/л <100 мг/л
Ртуть	Кровь моча	Ртуть Ртуть	<3 мг/л b) <5 мг/л b)
Таллий	Моча	Таллий	<1 мг/л
1, 1, 1 - трихлорэтан	Кровь	1,1,1-трихлорэтан	<2 мг/л
Трихлорэтан	Кровь моча	Трихлорэтан, трихлорэтановые уксусные кислоты	<1 мг/л <60 мг/л
Тетрахлорэтан	Кровь	Тетрахлорэтан	<2 мг/л

- а) на основе гидридного измерения доли мышьяка
 б) повышается после приема в пищу рыбы
 в) p, p' - дихлордифенилтрихлорэтан и p, p' - дихлордифенилдихлорэтан

DDE - трудно подвергающихся распаду и поэтому накапливающийся продукт обмена веществ DDT

- д) *FB - основа жиров*

ТАБЛИЦА П.11

*ПОТРЕБЛЕНИЕ ДЕТЬМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОЧВЫ (РАСЧЕТЫ
 ВЫПОЛНЕНЫ ДЛЯ СЛУЧАЯ ПОЛНОГО УСВОЕНИЯ
 ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫМ ТРАКТОМ)*

(Источники: документы совета по вопросам экологии (SRU)

Металлы	Допустимые дозы по оценкам ВОЗ* 1972, 1983 и 1987 (мг/кг веса тела в течение одного дня)	Пороговые** значения по данным LAGA (мг/кг сухого вещества)	Ежедневно получаемые дозы по оценкам*** LAGA (мг/кг веса тела в течение одного дня)	Фактор****
Свинец	3,5 (для детей)	500	43	12
Кадмий	1	40	3,4	3,4
Ртуть	0,7	10	0,85	1,2
Мышьяк	2	100	8,5	4,3

* по данным ВОЗ

** пороговые значения для населенных местностей с точки зрения здоровья человека, а также для детских площадок и садов при потреблении 1 г земли в день составляет 0,85 г сухого вещества для 2-х летнего ребенка весом 10 кг

*** фактор, при котором количество потребляемого вещества с учетом соблюдения предложенных LAGA пороговых значений выше или ниже предложенной ВОЗ дневной нормы.

При оценке заражения органическими веществами следует иметь ввиду, что «очистные» работы необходимо выполнять при уровне загрязнения полимерными ароматическими углеводородами

(РАН) более 1 мг на 1 кг почвы; при наличии более 1 мк (микрограмм - 10^{-6} г) на 1 кг почвы необходимо снять верхний слой почвы, а при заражении более 0,1 мк на 1 кг почвы уже необходимы «очистные» мероприятия.

Накопление веществ в растениях определяется эффектом переноса (в данном случае имеет значение соотношение содержания тяжелых металлов в растении и в почве). Прежде всего необходимо учитывать наличие тяжелых металлов (кадмий, таллий и цинк), т.к. они быстрее поглощаются растениями, в меньшей степени сказывается влияние хрома, ртути, свинца и мышьяка, которые имеют свойство оседать на надземной части растений. Согласно правил растениеводства, на площадях с высоким содержанием кадмия нельзя высевать пшеницу, шпинат, сельдерей, меньше подвержены заражению вредными веществами томаты, бобовые и огурцы. Нужно учитывать также средний объем потребления человеком вредных веществ. Эти цифры сравниваются с допустимыми значениями, а доза вычисляется в соотношении с весом тела (мг/кг веса тела).

Органические вещества преимущественно поступают с пылью и атмосферными осадками, при этом обоснованных данных о загрязнении ими почв нет. За основу можно взять следующие параметры: при содержании (5÷40) мг TCDD-эквивалента (тетрахлордибензодиоксин) сельскохозяйственные работы следует ограничить. В случае употребления скотом загрязненных растений вредные вещества накапливаются в молоке и жировых тканях.

В окрестностях техногенного массива происходит также заражение вредными веществами питьевой и технической воды, а отсюда и заражение человека. Грунтовая вода может считаться незагрязненной, если она без дальнейшей очистки может использоваться в качестве питьевой.

Такой процесс, как пыление, связанный в основном с отсутствием растительности в окрестности техногенного массива обуславливает проникновение вредных веществ через дыхательные пути. Эта проблема мало изучена. По-видимому раньше считалось, что распространение токсичной пыли не может быть причиной заражения местного населения. Другое дело, если загрязненные площади используются в качестве спортивных площадок. После спортивных соревнований в воздухе значительно повышается содержание вредных веществ. Рабочие, осуществляющие очистные и транспортные работы на загрязненных площадях, также могут быть подвержены воздействию вредных веществ. Имеется целый ряд мер безопасности, разработанных профобъединениями, которые должны соблюдаться при проведении подобных работ.

Особое внимание следует уделять распространению летучих вредных веществ из почвы. Это касается в первую очередь легколетучих составных элементов органических соединений (например, метана), что может привести к скоплению их в помещении.

Целесообразно учитывать следующие соображения. Невысокие концентрации некоторых канцерогенных веществ (бензол, винилхлорид и др.) бывает трудно установить. Соединения, содержащие серу (например, серная кислота) можно своевременно идентифицировать по запаху; лишь иногда имеют место высокие концентрации с токсическим воздействием (например, при совместном залегании РЕА-гипса и бытового мусора). Техногенные массивы на территории предприятий оборонной промышленности (производство отравляющих и раздражающих веществ) могут содержать высоко-токсичные летучие вещества.

Для оценки содержания вредных веществ имеются рекомендации комиссии VDI (Объединение немецких инженеров) «О чистоте воздуха». Максимальные значения можно использовать, разделив их на 100 с учетом распространения за определенный период времени.

Особую опасность представляет собой заражение вредными веществами через кожу; этот вид заражения чаще всего проявляется при проведении очистных работ, а устраняется в результате соблюдения защитных мер (например, защитной одежды).

В некоторых случаях представляет интерес комбинированное воздействие веществ, например при сходстве механизмов их воздействия; иногда действия их суммируются. Отсюда вытекает ограничение квот - максимальных значений (МАК).

Пример: вещества А и В представлены в следующих концентрациях:

$$AK_A = \frac{1}{4} МАК_A; AK_B = \frac{1}{3} МАК_B.$$

Какова допустимая концентрация третьего вещества С - AK_C
Решение:

$$AK_C = \frac{1}{x} \cdot МАК_C \quad (1)$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{x} = 1 \quad (2)$$

$$\frac{1}{x} = \frac{5}{12}$$

$$AKC = \frac{5}{12} MAKC$$

В некоторых случаях воздействие превышает предполагаемую сумму воздействий отдельных компонентов: например, алкоголь и тетраэорметан сами по себе вредно воздействуют на печень, а в сочетании их действие имеет прогрессирующий характер. Вредное воздействие не следует вычислять при действии токсичных веществ на физиологию человека.

ВЫВОДЫ

Для выявления вредного воздействия техногенного массива на здоровье человека нужно учитывать все пути распространения вредных веществ: оральный путь, из почвы (руки - рот), с продуктами питания, с питьевой водой, через дыхательные пути и кожу.

Очень важен объем поглощенного вредного вещества. Он определяется концентрацией в различных средах и объемом поглощенного продукта. Установленный таким образом объем сравнивается с предельными дневными дозами в соответствии с допустимыми объемами, установленными ВОЗ, а также уровнем воздействия вредных веществ на население незагрязненных местностей.

Для многих веществ отсутствуют сведения о допустимых объемах (дозах). Очень часто нельзя точно вычислить токсичное воздействие некоторых веществ. Если имеются основания говорить о длительном воздействии загрязнения, следует провести экспертизу фактического загрязнения, что связано с серьезными затруднениями, так как кроме параметров состояния и свойств техногенного массива нужно учитывать другие факторы, например, сроки пребывания на этой местности, использование территории для проведения досуга.

Для определения количества вредного вещества и его перехода по цепочке почва -> растение -> животные -> человек необходима детальная экспертиза. Аналогичная экспертиза необходима также для определения допустимых значений загрязнения с точки зрения его токсичности в связи с определенным профилем использования данной местности. Если загрязненная местность используется под

пастбище, то возможно также попадание вредных веществ из почвы через животных в организм человека.

При загрязнении грунтовых вод особое внимание нужно уделять использованию питьевой воды: в каждом случае следует определить характерное для данного техногенного массива вещество, которое не всегда выявляется обычными методами исследований. Использование грунтовой воды для потребительских нужд (садоводство, сельскохозяйственные работы) может привести к отрицательным последствиям.

Проникновение вредных веществ через дыхательные пути связано, как правило, с усиленным пылеобразованием (спортивные мероприятия, очистные работы). Следует учитывать возможность концентрации газообразных соединений в закрытых помещениях.

Проникновение вредных веществ через кожу не представляет собой большой опасности, однако в некоторых случаях могут появиться аллергические реакции.

4. Методы исследования «старых нагрузок»

Дальнейшие исследования опасности загрязнения проводятся с целью окончательного определения масштабов опасного воздействия.

Задачами оценки опасности загрязнения следует считать:

- определение путей распространения вредных веществ с загрязненных площадей и окрестностей;
- определение и характеристика загрязнения в результате распространения вредных веществ, включая их тип, объем и распространение в пространстве;
- определение и характеристика объектов экологической защиты с высокой степенью загрязнения;
- обработка информации для оценки возможного вредного воздействия на объекты экологической защиты с учетом их настоящего и перспективного использования.

При планировании исследовательских работ требуется устанавливать состав необходимой информации, степень точности ее обработки, а также производить выбор наиболее подходящих методов исследования для получения информации требуемой степени достоверности.

Методы исследований различаются по производительности и точности, потребности в рабочей силе, технических средствах и времени, стоимости.

Целью любого исследования является получение максимально количества информации при минимальных затратах. Для этого существуют специальные технологии с постепенным расширением масштабов исследовательских мероприятий, а также целый ряд общих правил. На предварительной стадии последовательно используются геофизические (1), геотехнические (2), химические и физические (3), а также биологические (4) методы. Первые два служат для обнаружения факторов риска на подозреваемых площадях и изучения условий территории в отношении возможности выброса вредных веществ и их распространения. Третья группа методов предназначена для установления факта загрязнения окружающей среды и вызвавших его вредных веществ. Четвертый метод служит для определения загрязнений животного и растительного мира, а также человека. Детальные исследования организуют исходя из следующих принципов:

- в целях охвата различных природных сред к работе должны привлекаться специалисты разных направлений;
- работа строится в соответствии с директивой LFGE (1989): определение и оценка опасности, очистные работы - информационный отчет - проект (по положению от 27.02.1989);
- соблюдение положений по охране труда и безопасности ведения работ на загрязненных площадях, разработанных профобъединениями (BC, 1989);
- тщательное планирование, проведение и документирование исследовательских работ;
- большой объем информации целесообразно хранить в банке данных.

Геофизические методы исследования являются в сущности вспомогательными и эффективны в сочетании с другими методами, так как не могут заменить широко распространенные геотехнические и аналитические методы. Геофизические методы дают дополнительную информацию о геологических условиях естественных и техногенных массивов; позволяют определить границы массива и различные зоны внутри него и в естественном грунте; характеризуют гидрогеологическую обстановку (состояние грунтовых вод, водоносные пласты); в определенных условиях позволяют выявить

загрязнения; имеют решающее значение в подготовке дальнейших исследований (определении мест обследования и взятия проб).

Таблица (табл. II.12) дает представление о видах геофизических методов и областях их применения.

ТАБЛИЦА II.12

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБЛАСТИ ИХ
ПРИМЕНЕНИЯ**

Области применения	Методы					
	Радарный	Электромагнитный	Сопротивления	Сейсмический	Металлодетекторный	Магнитометрический
Геологическое картирование прилегающей территории	1	1	1	1	0	1
Картирование фильтрационных вод и границ загрязнения	2	1	1	0	0	0
Определение местоположения и границ залегания отходов, не содержащих металлов	1	1	2	2	0	0
Определение местоположения и границ залегания металлодержащих отходов	1	1	2	2	1	2
Определение местоположения металлических отходов (цистерны, боеприпасы)	1	2	0	0	1	1

1 = пригодный метод

2 = дополнительный метод

0 = непригодный метод

Достоинством геофизических методов является возможность применения их на поверхности, без ее повреждения, а к недостаткам следует отнести получение необходимых результатов преимущественно в сочетании с другими методами и сложность в определении местонахождения загрязнения оснований и грунтовых вод.

В сложных случаях используются методы скважинной геофизики.

Геотехнические методы исследования имеют целью расширение получаемых сведений о геотехнической обстановке, включая геологические и гидрогеологические условия на загрязненном участке местности и прилегающих территориях.

Для определения наличия выброса и путей распространения вредных веществ необходимы следующие сведения:

- состав и строение грунтов (пространственное положение пластов пород, их мощность и условия залегания);
- уровень колебания горизонта грунтовых и поверхностных вод, а также возможный уровень подъема вод в теле массива;
- расположение тела массива и загрязненных площадей по отношению к грунтовым и поверхностным водам;
- водопроницаемость грунтов, характеристики подземного потока (направление и скорость);
- водный баланс.

Таблица II.13 дает представление об основных методах геологической разведки, используемых при изучении техногенных массивов.

Элементами геотехнических исследований являются зондирование с использованием лопастного и желоночного буров и забивного зонда для получения обзорных данных; создание шурфов для разведки близко залегающих к поверхности слоев; сухое бурение для разведки глубоких слоев; бурение с промывкой и оборудование пунктов режимных наблюдений за грунтовыми водами; керновое бурение для получения ненарушенных проб.

Разрез буровых профилей должен соответствовать установленным нормативам (DIN 4021, 4022, 4023).

Идентификация рыхлой породы производится как визуально, так и на основе геофизических исследований (анализ зернистости, расхода воды и т.п.).

ТАБЛИЦА II.13

МЕТОД РАЗВЕДКИ СТРОЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО МАССИВА
(Источники: SRU, nach DIN 4021, Langguth und Voigt, 1980, MELF NW 1985, UM BW 1988 b)

Метод	Сфера применения и возможности
Отрывки шурфа	- используется в рыхлой породе до глубины 5-7м - дает хорошее представление о строении грунтов - обеспечивает высокое качество проб - возможность взятия «чистых» проб
Зондирующее бурение	- используется в рыхлой породе, глубина бурения более 20м - дает качественное представление о строении грунтов - обеспечивает высокое качество проб - позволяет получить небольшие пробы высокого качества за счет малого диаметра бура - целесообразно при создании точек замера газа и грунтовых вод
Бурение	- в зависимости от способа бурения может использоваться на больших глубинах - пригоден как для рыхлых, так и для твердых пород - возможно создание точек замера газа и грунтовых вод
- сухое бурение	- дает четкую картину строения грунтов - гарантирует высокое качество проб - имеет ограничения по глубине (с 60 м является нерентабельным)
- бурение с промывкой	- создает нечеткую картину строения грунтов при низком качестве проб - целесообразно применение метода в сочетании с геофизическими методами
- колонковое бурение	- дает четкую картину строения грунтов - обеспечивает высокое качество проб и возможность взятия «чистых» проб (буровых кернов)
Зондирование (статическое и динамическое)	- может использоваться на глубине до 20м (иногда и глубже в рыхлой породе) - дает лишь косвенное представление о строении грунтов за счет различного сопротивления слоев - невозможность непосредственной работы с породой - невозможность непосредственной работы с породой - невозможность взятия проб

Представление о гидрогеологических условиях необходимо, чтобы проследить распространение вредных веществ водным путем. С этой целью планируется взятие проб воды в нисходящем потоке загрязненной территории. Гидрогеологическая разведка использует пункты замера, создание которых (число, глубина расположения, способ сооружения) зависит от специфики местности и определяет точность результатов. Исследования позволяют определить наличие загрязнения грунтовых вод и состояние поверхностных вод. Замеры, проведенные в зоне техногенного массива могут определить уровень подъема воды (необходимыми параметрами для этого являются направление потока грунтовых вод и его скорость, а также проницаемость и гидравлический градиент). Перечень основных методов получения этих параметров приведен в таблице II.14.

ТАБЛИЦА II.14

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

(Источники: SRU, nach Yolfing, 1989; Matthess und Ussell, 1983)

Метод	Проницаемость (коэффициент фильтрации)	Направление потока грунтовых вод	Скорость движения грунтовых вод (интервал)
Полевые методы	- Опытная откачка (измерения в скважинах и на станциях замера) - Кратковременные откачки (замеры в скважинах) - Опытные наливов - Опытные нагнетания - Метод маркировки - Метод введения в одну из скважин радиоактивных изотопов - Комбинация методов	- Метод введения в одну из скважин радиоактивных изотопов - Методы маркировки	- Метод введения в одну из скважин радиоактивных изотопов - Методы маркировки
Лабораторные методы	- Расчет по гранулярному составу - Измерение объема вытекающей воды	Графическое определение по плану изогипс	- Расчет по коэффициенту проницаемости, гидравлическим градиентам и эффективным объемам пор и трещин

С потоком фильтрационных вод вредные вещества проникают в естественные основания. В последнее время часто используются численные методы моделирования фильтрационных процессов.

Перемещение вещества потоком воспроизводится путем моделирования процесса массопереноса, для которого требуются показатели дисперсии, диффузии, а также данные о процессах, происходящих в грунтовых водах (сорбция, обмен и разложение). Наиболее успешно моделируются процессы переноса веществ в не реактивных средах и летучих хлоруглеводородах. Данные модели помогают прогнозировать ситуацию, в частности, определить тип, размеры и время воздействия загрязнения. Модели играют важную роль на стадии планирования очистных работ и определяют их целесообразность и последствия, а также позволяют осуществлять эффективный контроль в период производства работ.

Химические и физические исследования проводятся с целью установления факта загрязнения окружающей среды, определения характеристик загрязнения, а также выявления вещественного состава техногенного массива.

Как правило, сведения о составе техногенного массива либо отсутствуют, либо их сложно получить. Заранее невозможно определить, какие вредные вещества присутствуют в массиве. Имеющаяся информация о загрязнении и наличии определенного набора вредных веществ значительно облегчает решение проблемы. Поэтому возможны два стратегических направления:

- целевое исследование на базе имеющейся информации,
- систематическое исследование с целью идентификации неизвестных веществ.

При изучении загрязненных в прошлом территорий и старых техногенных отложений приоритетными являются соответственно целевые и систематические исследования.

В результате систематического исследования не все вещества могут быть определены. Сначала производятся замеры приоритетных и суммарных параметров и определяются так называемые «приоритетные вещества». При наличии приоритетных веществ можно говорить о существовании техногенного загрязнения. В настоящее время проводятся исследования, позволяющие выделить главные и приоритетные загрязнители, которые затем должны выявляться при анализах подземных вод. Наряду с пробами, взятыми в местах старых загрязнений, следует изучить пробы из прилегающих районов, где не было однозначно зафиксировано загрязнение. Это необходимо не только для сравнительного анализа, но также для обнаружения самого загрязнения и определения его типа и степени загрязнения.

В случае отсутствия необходимой информации о природном и техногенном фоновом загрязнении грунтов, она должна быть получена в результате исследований, проводимых на месте или в стационарных лабораториях. В полевых условиях используются мобильные массоспектрометры для анализа почвы и воздуха и приборы быстрого (моментального) тестирования для обзорных исследований. Преимуществом полевых исследований является быстрота получения результатов и возможность проведения программы исследований также отбирают пробы для стационарных лабораторий в оптимальном режиме. При проведении опытов руководствуются определенными нормативами, например, DIN, Единый для Германии метод исследования воды, сточных вод и ила. В Земле Северный Рейн-Вестфалия опубликованы нормативы, представляющие собой единый метод исследований на основе 107 параметров.

Исследование воды проводят в следующем объеме.

1. Определяют гидрогеологические условия (направление и скорость движения подземного потока), а также расположение соответствующих точек замера.
2. Выполняют ориентированное исследование в нижней части потока.
3. В зависимости от полученного результата проводят расширенные исследования в нижней и верхней части потока.
4. Если между параметрами нижнего и верхнего участков имеются значительные различия, разрабатывается детальная программа исследований, целью которой является определение масштаба загрязнения грунтовых вод по типу, концентрации и распространению.

Рассмотрим подробно этапы исследования.

1. Гидрогеологические данные зафиксированы на картах и разрезах. Карты содержат сведения о поверхностных водах и составе горных пород в разрезе поверхности, имеют классификацию зернистости рыхлых пород, включая их проницаемость, гидроизогипсы, направления движения грунтовых вод, выходы на поверхность грунтовых вод, расстояния между сельхозугодьями, расположении загрязненных участков.

Профили проводятся по линии тока и перпендикулярно к ней и отражают границы слоев, земную поверхность, уровень грунтовых вод и высоту водяного столба.

Путем расчета определяют мощность водоносного горизонта, водопроницаемость, расход потока, эффективную пористость, скорость фильтрации и инфильтрации.

2. Для установления различия в состояниях подземных вод в нижнем течении и в окрестностях выполняют исследования, включающие замеры в точке за пределами «сомнительной» территории, но в районе наибольшей нагрузки. Точка измерений должна находиться под предполагаемой поверхностью загрязнения на глубине менее 10% протяженности изучаемого потока. При ширине потока более 100м и при соотношении ширины и длины более 3:1 устанавливаются дополнительные точки замера. Большое количество таких точек необходимо в том случае, если не определено точное направление потока. Подобные замеры производят обычно 4 раза в год.

3. При наличии признаков вероятного загрязнения грунтовых вод устанавливаются дополнительные наблюдательные точки в верхнем и нижнем участках потока. Замеры производят в течение 6-9 месяцев (от 2-х до 3-х раз в месяц при больших различиях).

4. Детальные исследования связаны с устройством дополнительных точек замера в нижнем участке подземного потока в прилегающей местности и установкой знаков - сигналов загрязнения.

На месте производят органолептические анализы (на цвет, запах, мутность), оценивают водородный показатель, содержание кислорода, электропроводность и температуру; дальнейшие исследования выполняют в лаборатории (см. табл. II.15).

Наличие определенных веществ несет в себе важную информацию. Так, присутствие хлорида и сульфата говорит о выщелачиваемых солях (свалки строительного мусора); аммиак является признаком свалок бытового мусора; окислительно-восстановительный потенциал указывает на наличие аэробных и анаэробных процессов в грунтовых водах.

С помощью метода химического анализа на основе ICP-OES определяется наличие металлов, АОХ (абсорбируемых органических галогенных соединений) в сочетании с DOC (органических углеводородов) - присутствие органических веществ. Абсорбируемые органические галогенные соединения характеризуют антропогенные вещества, а инфракрасная спектроскопия идентифицирует углеводороды. Токсичность проб может определяться на основе биотеста (водяные блохи теряют плавучесть, у фосфоресцирующих бактерий прекращается или уменьшается свечение, у водорослей тормозится процесс размножения). Специальные исследования базируются на данных о прежнем использовании старых производственных площа-

дей (это может относиться к продуктам коксохимического производства). В табл. II.16 приводятся сведения, характеризующие специальные анализы воды.

ТАБЛИЦА II.15.

**ПРИМЕРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ХИМИЧЕСКИХ
АНАЛИЗОВ ДЛЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ГРУНТОВЫХ ВОД**

Составитель программы	Стадии анализов		
	I	II	III
Ведомство по делам водного хозяйства и отходов земли Северный Рейн-Вест-фалия	Направленное исследование в нижнем течении (этап A1) полевые исследования: окраска, мутность, запах, температура, значения pH, Eh, электропроводность, содержание кислорода	Направленное исследование в верхнем течении (этап A2) параметры те же, что и для 1-го (A1)	Детальное исследование (Этап B) параметры этапов A1/A2, также определение наличия NO ₃ , PO ₄ , Mn, Ca, Mg, Na, K, объем кислот и оснований, твердость, карбонат Pb, Cd, As, Sn, сульфиды, углеводороды, Pox, GC-ECD-экран, индекс фенола, (PAH), специальные исследования определенных участков или характеристик веществ
Рабочая группа по делам водного хозяйства земли Шлезвиг-Гольштейн (1986)	Регулярное исследование: контроль за качеством и физические измерения: окраска, мутность, запах, донный осадок (ил), температура, водородный показатель, проводимость общехимические исследования: O ₂ , DOC, N, объем кислот и оснований, основные вещества неорганического происхождения: Na, K, Ca, Mg, NH ₄ , Fe, Mn, NO ₂ , NO ₃ , Cl, SO ₄ , PO ₄ , B, сульфид-S следы некоторых веществ; Zn, общий экстракт, углеводороды (DEV418), Aox, (EOX)	Анализ по специальным параметрам	

ТАБЛИЦА II.16

ПАРАМЕТРЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДЫ НА ВЕЩЕСТВА, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (Источники: SRU, Richter et al., 1988.)

Группа веществ	Стадии исследований		Дополнительные определения
	1	2	
I	Окраска, мутность, запах, электропроводность, водородный коэффициент, азот, сера, цианид, хлорид	Объем кислот до pH=4,3 Общая жесткость, нитрат, нитрит, аммоний, сульфат, сульфит, сульфид, свободный цианид	Кальций
II	Мышьяк, кадмий, хром, свинец, ртуть	Никель, медь	Алюминий, железо, марганец, никель
III	ТОС, углеводороды, CSB, EOX/AOX предварительный тест на PAH, индекс фенола, качество GC-MS, качество GC-ECD	Углеводороды (GC), НКW/СКW, PAH(GC), ароматические вещества (бензол, толуол, ксилол) (GC), фенол (GC), GC-MS-количество, GC-ECD-количество	BSB, тест на токсичность

Исследование твердых веществ

Поверхностный слой (на глубину до 35 см) исследуют с целью установления возможности проникновения загрязняющих веществ в организм через дыхательные пути, накопления их растениями и распространения ветром и паводковыми водами.

Слой, находящиеся на больших глубинах, обследуются с целью изучения общей ситуации загрязнения, опасности загрязнения грунтовых вод и возможности образования газов. Взятие проб производится по сетке, отвечающей специфике данной местности (10x10, 50x50) м, или из районов возможного загрязнения.

В случае глубокого зондирования пробы берутся с интервалом 1,0 м по вертикали. Это не является обязательным правилом и при

взятии проб следует исходить как из органолептических показателей, так и с учетом, что наибольшее загрязнение фиксируется на границе проницаемых и непроницаемых сред.

Для взятия проб используют ручное зондирование и бурение; масса проб должна быть не меньше 1 кг, а в случаях с крупнозернистыми материалами и более. Программы исследований могут существенно различаться (табл. II.17).

ТАБЛИЦА II.17

ПЕРЕЧЕНЬ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОБ ПОЧВ

Составитель	Состояние вещества	Показатели
Министерство экологии Земли Баден-Вюртемберг (1988)	Твердое	Окраска, запах, консистенция, гомогенность, воспламеняемость, теплота сгорания, осадок при выпаривании, осадок при сгорании, органический кислород в соединении, органический хлор и галогены в соединении, неорганический хлор и галогены в соединении, неорганический хлор, органическая сера, неорганическая сера, углеводороды, летучие ароматические вещества (бензол, толуол, ксилол), смолистые углеводороды, ПАУ, слаболетучие СКВ, ПКВ, НКН, РСР, НСВ, фенолы (в водных парах), Hg, As, Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, Cn, CN разложимые, Cl, F, SO ₄ , CO ₂
	Жидкое	Окраска, мутность, запах, окраска (гашение при 436), температура, проводимость, водородный показатель, объем кислот до pH<4,3, общая твердость, осадок при выпаривании, осадок при сгорании Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, NH ₄ , NO ₂ , NO ₃ , Cl, F, SO ₄ , PO ₄ , B, Cn разложимый, Cn, O ₂ , Hg, As, Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Cr(VI), H ₂ S/сульфаты, UV- гашение при 254nm, TOC/DOC, CSB, AOX, углеводороды, индекс фенола, легколетучие НКВ (GC-ECD), бензол/ксилол/растворители, не содержащие галогенов (GC-FID), смолистые углеводороды, ПАУ, ПСИ, пестициды

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ II.17

Составитель	Состояние вещества	Показатели
Комитет по экологии Земли Гессен(1987)	Твердое	Полевые параметры: внешний вид, запах, консистенция, тип почвы. Неорганические параметры металлы: Na, Mg, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb Суммарные параметры: водородный показатель, осадок при высушивании, потери при сгорании, фенолы, ЕОХ, углеводороды
	Жидкое	Полевые параметры: внешний вид, запах Неорганические параметры, металлы: Cl, SO ₄ , PO ₄ , Na, Mg, K, Ca, Cr, Cr(VI) Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb Суммарные параметры: водородный показатель, проводимость, осадок при выпаривании, осадок при сгорании, объем кислот до pH 4,3 DOC, CSB, индекс фенола
Комитет по экологии, развитию земель и планированию лесного хозяйства Земли Северный Рейн-Вестфалия(1988)	Анализ общих параметров: -параметры почв: pH, содержание глины, органических веществ, проводимость; -неорганические параметры: Pb, Zn, Cd (анализ царской водкой) и общий прогноз; -органические вредные вещества; органические галогенные соединения, анализ выборочных проб на содержание ПАУ	Расширенный анализ дополнительных параметров: -неорганические параметры: Cu, Cr, Ni, Hg, As (определяется с помощью царской водки), TL (определяется с помощью азотной кислоты), CD (CaCl ₂ -экстракт) -определение ПАУ во всех пробах -РСИ(N28,58,101,138,153,180) -дальнейшие параметры на базе предварительной информации или результатов общих анализов -тест мелких проб по Нойбауэру

Исследование газов и грунтового воздуха

Важность исследования газов объясняется тремя причинами:

1. Органические вещества под высоким давлением пара могут переходить непосредственно в газообразное состояние (например, летучие углеводороды);

2. К образованию газов могут привести некоторые биологические процессы превращений органических веществ, характерные для свалок бытового и промышленного мусора с высоким содержанием органических веществ;

3. К образованию газов приводят химические реакции складуемых веществ между собой и с осадками.

Признаком присутствия газов могут быть вегетативные нарушения.

Газ может быть обнаружен как в районе техногенного массива, так и за пределами территории возможного загрязнения, если в грунтах имеются пути его распространения. По причине скопления газов в замкнутых пространствах исследования данных территорий возможного загрязнения должны проводиться в первую очередь.

При наличии изолирующего слоя (глина) пробы берутся из зоны между этим слоем и зеркалом грунтовых вод. Распределение точек отбора проб зависит от специфических факторов:

- в случае возможной негерметичности трубопровода пробы берутся вдоль него;
- при необходимости изучения проникновения вредных веществ в нижней части потока пробы отбираются над фронтом массива;
- пробы берутся между скважиной и предположительным местом проникновения вредных веществ при необходимости изучения происхождения загрязнения скважины;
- на незнакомой местности пробы берутся по сетке.

Взятие проб грунтового газа производится специальными зондами. Как правило, грунтовый воздух содержит больше углекислого газа, чем атмосферный воздух. Поэтому при проникновении зонда подземный воздух разряжается. В связи с этим происходит отсасывание с помощью прибора замера углекислого газа. Необходимая проба

считается взятой, как только прибор покажет максимальное содержание CO_2 .

Имеются также максимальные показатели для летучих, а также средне и слаболетучих углеводородов. Для взятия проб слаболетучих углеводородов требуются большие объемы, что увеличивает время забора. Подземный воздух попадает в зонд (газоотборник) или накапливается в активированном угле. При работе с подобными приборами следует помнить, что взятые пробы почвы и загрязняющие вещества подлежат особому режиму хранения с целью недопущения их распространения, а сами приборы должны подвергаться тщательной обработке; следует также избегать больших объемов пустых проб. Как правило, точки взятия проб являются стационарными, что обеспечивает многократное производство замеров.

Газы, выходящие на поверхность, собираются в специальный резервуар - бокс Лемберга.

Исследования воздуха производятся на основе упорядоченной техники анализа (табл. II.18). Частично анализ может быть произведен на месте с помощью таких методов, как геохромотография или спектроскопия.

Результатом исследования грунтового воздуха является локализация участков, загрязненных относительно летучими веществами. Это относится также и к загрязнению грунтовых вод.

Имеется положительный опыт в изучении легколетучих и ароматических углеводородов, бензина, растворителей средней и высокой летучести.

Неверные оценки могут привести к неоправданным затратам на проводимые мероприятия или, напротив, к недооценке опасности загрязнения. Поэтому точности результатов анализов уделяется особое внимание, к тому же они должны совпадать с данными других исследований.

ТАБЛИЦА II.18

ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ГАЗА И ПРОБ ГРУНТОВОГО ВОЗДУХА НА
СВАЛКАХ

Комитет по экологии Земли Гессен(1987)	Обычные исследования: полевые параметры: почва: внешний вид, запах,консистенция газы: метан, двуокись углерода лабораторные параметры: кислород, азот, метан, двуокись углерода, аргон	Специальные исследования: например, водород, меркаптан, сероводород, сероуглерод; ароматические углеводороды: хлорметан, дихлорметан, трихлорметан, трихлорфторметан, 1,1-дихлорэтан, 1,2-дихлорэтан, 1,1,1-трихлорэтан, 1,1,2-трихлорэтан, 1,1-дихлорэтен, трихлорэтен, тетрахлорэтен, дихлордифторэтен, трихлорфторэтен, гексахлорэтан, хлорбензол, дихлорбензол, хлортолуол, монохлорэтен
Министерство экологии Земли Баден-Вюртемберг (1988)	Азот,кислород,метан, двуокись углерода,аммиак.сероводород, фосфорный водород, ацетилен, водород, окись углерода, двуокись серы Тетрахлорэтен, трихлорэтен, 1,1,1-трихлорэтен, 1,2-дихлорэтен, хлорэтен(винилхлорид),дихлорэтан, фреон 11, фреон 12, фреон 21, фреон 22, фреон 113, углеводороды (фракции бензина), бензол, толуол, ксилол	
Институт по изучению загрязняющих воду веществ и технический Совет по вопросам грунтовых вод и экологии (1988)	Стадия 1: метан, двуокись углерода, озон, кислород, аммиак, сероводород(аргон)	Стадия 2: Тетрахлорэтен, трихлорэтен, 1,1,1-трихлорэтен, 1,2-дихлорэтен, хлорэтен (винилхлорид), дихлорметан, бензол, толуол, ксилол, фреоны

Биологические исследования

Анализ отдельно взятого вещества при оценке опасного воздействия комплекса вредных веществ имеет два недостатка: во-первых, не все компоненты могут быть охвачены анализом, а по некоторым из них могут отсутствовать токсикологические характеристики. Также не всегда возможен анализ совместно и противоположно развивающихся процессов.

В целях комплексного анализа применяются биоиндикаторы, одни из них моментально дают реакцию, другие лишь накапливают вещества (табл. 2.19).

Методы биологического анализа включают биотест, активный и пассивный мониторинг.

Биотесты дают оценку токсичного воздействия одного вещества или смеси. Стандартная методика предусматривает проведение тестов водорослей, дафний, бактерий (свечящихся бактерий), рыб и млекопитающих. Стандартную методику применяют для характеристик проб воды, а иногда и растворителей. Проблематичными являются тесты для твердых веществ, хотя эти исследования имеют большое значение.

Метод активного мониторинга предполагает помещение выращенных организмов в исследуемую среду и дальнейший анализ изменений.

Похожий принцип используется в пассивном мониторинге, но в этом случае обследуются изменения уже находившихся в данной среде организмов. Этим методом изучаются также организмы, обитающие в зонах техногенного загрязнения.

Для изучения старых промышленных зон, используемых в сельском хозяйстве, имеется специальная программа исследования культурных растений.

ТАБЛИЦА II.19

**БИОИНДИКАТОРНЫЙ МЕТОД ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ**

Биоиндикатор	Среда/ тип загрязнения	Способ	Тип реакции	Определение цели исследования
Светящиеся бактерии	Вода	Биотест (активность энзимов)	Биомеханическая/физиологическая	Общая токсичность на биомеханическом уровне
Перепела	Вода (растения)	Биотест (регенерирующая функция)	Физиологическая/анатомическая	Общая токсичность на высокоинтегрированном физиол.-анатом. уровне
Рыбы/земноводные (также икра)	Вода	Пассивный мониторинг	Накопление вредных веществ (например, тяжелых металлов)	Загрязнение продуктов питания
Лишайники	Воздух	Активный и пассивный мониторинг	Физиологическая/анатомическая (некроз, изменение окраски)	Неспецифическая сигнальная функция (относительно SO ₂ , YCL, опыления)
Стандартный дерн	Воздух	Активный мониторинг	Накопление веществ (тяжелые металлы, фтор, сера)	Загрязнение продуктов питания
Кормовая капуста	Воздух	Активный мониторинг	Накопление веществ (полимерные ароматические вещества)	Биоаккумуляция канцерогенных веществ
Дождевые черви	Почва	Пассивный мониторинг	Накопление веществ (тяжелые металлы, орган. соединения)	Загрязнение продуктов питания
Мокрицы	Почва	Пассивный мониторинг	Накопление веществ (тяжелые металлы)	Загрязнение продуктов питания
Пауки	Почва	Пассивный мониторинг	Биоценозная (изменение типов)	Нарушение общего экологического состояния

5. Мероприятия по охране труда при работах на загрязненной местности

Персонал, занятый в работах на строительных объектах, более подвержен травматизму, чем люди других профессий. Опасность эта возрастает в случае проведения работ на загрязненной территории. Загрязнение может быть выявлено случайным образом, но опасность могут представлять «очистные» работы на заранее обследованной местности. В обоих случаях необходимы мероприятия по обеспечению безопасности персонала.

Масштабы мероприятий по охране труда входят в рамки компетентности заказчика. На стадии планирования «очистных» работ заказчик должен обосновать необходимость мероприятий по охране труда и меры, препятствующие распространению вредных веществ. Для этого обычно привлекаются независимые эксперты (консультанты). Мероприятия по технике должны осуществляться подрядчиком.

Для выработки концепции мероприятий по охране труда необходима информация об опасном воздействии имеющихся в наличии вредных веществ (см. табл. II.24)

Случайное обнаружение загрязнения требует первичной экспертизы в целях определения возможной опасности (при пожаре, взрыве или токсичной атмосфере).

Первичная экспертиза даст рекомендации относительно защитных мероприятий и методов их реализации в соответствии с типом загрязнения.

При планировании «очистных» работ прежде всего необходимо определить максимально полную программу защитных мер, которые должны учитывать наличие определенного набора веществ, их концентрации, состояние, мобильность, возгораемость, взрывоопасность и т.д. Необходимы также сведения о возможных путях распространения этих веществ.

Мероприятия по охране труда определяют охранные зоны и тип используемого оборудования. Ограждение охранных зон создается для предотвращения распространения вредных веществ, установления контроля на рабочей площадке, разделения участков работ, отличающихся по степени опасности, а также для дифференциации мероприятий по охране труда.

На территории рабочей площадки преимущественно выделяют-ся три рабочих зоны: зона загрязнения, «очистных» работ и вспомогательная. Последняя зона должна представлять собой незагрязненную территорию, где располагается руководящий персонал, мастерские, автостоянки. Для каждой из зон устанавливаются единые меры охраны труда. Защитное снаряжение должно быть пригодно для индивидуального, профессионально ориентированного, или комплексного использования. С помощью технических мероприятий - вентиляции, изоляции кабин, термообработки загрязненных площадей, а также организационных мер (сокращение персонала, блокирование) можно поддерживать и контролировать состояние защитного снаряжения. К защитному снаряжению относятся защитный костюм, перчатки, резиновые сапоги, шлем со щитком, очки, респиратор. При необходимости могут использоваться также специальные защитные костюмы и респираторы. В особых случаях необходимы полностью изолирующие защитные костюмы с автономной системой обеспечения дыхания.

Программа измерительно-технического контроля

Задачами программы являются: определение потенциала опасности, контроль за производственной площадью, а также за распространением вредных веществ на ней и в окрестности. Планирование такой программы должно учитывать данные замеров, ответственность за реализацию, время проведения замеров, место и тип документации. Следует использовать прибор постоянного контроля с системой аварийного оповещения для определения содержания кислорода и границ взрывоопасности горючих газов и паров, насос с комплексом контрольно-измерительного оборудования и наличием электронной лампы, а также переносной детектор фотоионизации.

Опасность загрязнения, тип защитного ограждения и возможность заражения определяют программу медицинского обслуживания.

В ходе проектирования следует строго определить оптимальное количество задействованного на площадке персонала. За охрану труда отвечают заказчик, проектное бюро, фирма, непосредственно осуществляющая работы и возможные субподрядчики. В таких обстоятельствах считается целесообразным сосредоточить ответственность за охрану труда и локализацию загрязнения в руках одного или нескольких специалистов по охранным мероприятиям. Ответственность за их соблюдение переходит на предпринимателя. Правила

поведения персонала изложены в руководствах по эксплуатации и аварийным ситуациям.

К персоналу, работающему на загрязненных территориях, предъявляются такие требования, как состояние здоровья, умение обращаться с защитным снаряжением, четкое соблюдение мер пожарной безопасности и умение оказать первую помощь.

Представители надзора должны обладать знаниями о вредных веществах, уметь обращаться с контрольно-измерительной аппаратурой и иметь специальное образование.

Обязательным при проведении подобных работ является наличие контрольно-измерительной аппаратуры и защитного снаряжения, а также специального оборудования защиты от взрыва, инструментов во взрыво- и пожаробезопасном исполнении, кабин водителей, оснащенных фильтро-вентиляционными установками.

Необходимо оборудовать специальный штаб по охране труда со всем необходимым снаряжением, где будут располагаться пункты по очистке средств индивидуальной защиты и контрольно-измерительных приборов и медицинского обслуживания, а также место хранения специальной литературы и протоколов для фиксирования результатов замеров. Персонал, осуществляющий надзор за проводимыми работами, не привлекается к непосредственному участию в них.

На стадии определения размеров опасности необходимы проведение осмотра местности, зондирование, бурение и проходка шурфов. При осмотре местности следует использовать защитную одежду. На участке необходимо оборудовать мойку; курение и потребление пищи здесь запрещены. Почти при всех видах зондирования (включая ядерно-керновое зондирование) контакт с загрязненными материалами минимален, это касается также газов и жидкостей. Опасность возникает лишь при извлечении проб. В данном случае следует использовать приборы и перчатки, исключающие контакт с кожей.

В газонасыщенных средах целесообразно производить сухое бурение с обсадкой скважин. При бурении с промывкой выход загрязненного материала значительно больше, в этом случае требуется повышенное внимание к извлечению промывочной жидкости; отбираемые пробы грунта необходимо помещать в изолирующие оболочки.

В случае опасности возгорания газов необходимы специальные мероприятия по герметизации и добавлению инертных газов.

Работы с пробами, содержащими газы и газообразные вещества, должны проводиться в вытяжном шкафу. При работах на открытом воздухе может использоваться вентиляционная установка. В случае отсутствия на месте бурения моечной площадки бурильное оборудование (трубы, зондовые штанги) должно находиться в контейнере.

В последнее время не рекомендуется использовать шурфы, в связи с возможностью загрязнения достаточно больших площадей вредными веществами. В шурфах могут также скапливаться опасные вещества, наличие которых должно оперативно контролироваться.

Проведение анализов

Следует различать анализ конкретного случая и сравнительный анализ различных «старых нагрузок» с целью выявления приоритетов. Различают также первичный, промежуточный и заключительный анализы, которые предполагают и дальнейшую дифференциацию. Трудности в проведении анализа связаны с недостаточностью информации о свойствах вредных веществ и их токсичного воздействия на человека и всю экосистему, недооценкой их распространения и отсутствием единых критериев оценки.

В одном случае для проведения анализа используются относительные, ориентировочные, контрольные и максимальные значения. Недостатком этой методики является невозможность определения специфики отдельного случая (не учитываются природные и техногенные нагрузки, восприимчивость объектов защиты и тип их использования). Кроме того, вышеназванные значения не могут дать точного прогноза развития ситуации. Для этого необходимы дополнительные характеристики (местные условия, мобилизационные свойства веществ).

Специалисты учитывают также специфику площадей возможного загрязнения и устанавливают критерии вероятности загрязнения; допускается наличие нескольких мнений разных экспертов, в данном случае целесообразно привлечение специалистов различных направлений. В настоящее время выдвигаются более высокие требования к критериям оценки. Определенную сложность представляет выбор этих критериев.

Для проведения сравнительного анализа пригодны лишь формализованные методы; необходим также одинаковый объем информации по площадям, подлежащим сравнению. Однако при

проведении первичного анализа такой объем информации не обеспечивается; поэтому обычно применяют простейшие алгоритмы. С увеличением объема информации возможно выдвижение более высоких требований к используемой методике.

Метод анализа отдельного случая должен определить необходимость поэтапного проведения «очистных» мероприятий на базе общих принципов. Возможное проведение мероприятий предполагает исключение необходимости обработки, наблюдения или контроля, «очистные» работы и дальнейшее исследование.

В Земле Баден-Вюртемберг применяется методика как для оценки отдельно взятого случая, так и для расстановки приоритетов. В качестве объекта сравнения взята территория свалки бытового мусора, отвечающая всем техническим требованиям.

Выделяют шесть показателей от 0 до 6, определяющих степень загрязнения грунтовых и поверхностных вод, воздуха и почв. Исходя из этого, допускаются отклонения при учете конкретных местных условий выноса и поступления вредных веществ, их распространения и действия, а также объектов защиты и их использования. Для этого применяются переводные коэффициенты «m» (см. таблицу II.20).

В настоящее время разрабатывается экспериментальная система «Загрязнение окружающей среды «старыми нагрузками» (XUMA).

Среди прочих методов оценки следует назвать:

- метод оценки по Керндорфу;
- методика, разработанная в 1988 г. земельным комитетом по экологии, землеустройству и планированию лесных массивов Земли Северный Рейн-Вестфалия, которая учитывает возможность сельскохозяйственного использования территорий;
- метод, разработанный Техническим университетом Берлина совместно с техническим советом по грунтовым водам и экологии ТОО в Кобленце, который был применен в Земле Гессен. В качестве критериев, в методике используются характеристики веществ и местности и направления ее использования. Эта модель отвечает задачам расстановки приоритетов в определении необходимости проведения дальнейших мероприятий (табл. II.21). На основе методики разработана классификация, разделяющая типы загрязнения на четыре класса: 1-ый - необходимость проведения «очист-

ных» работ; 2-ой - углубленные исследования; 3-ий - наблюдения; 4-ый - занесение в каталог (без проведения дальнейших мероприятий).

ТАБЛИЦА П.20

МЕТОД АНАЛИЗА ПЛОЩАДЕЙ, ВОЗМОЖНО ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ «СТАРЫХ НАГРУЗОК» И САМИХ СТАРЫХ НАГРУЗОК В ЗЕМЛЕ БАДЕН-ВЮРТЕМБЕРГ

Стандартизованная исходная ситуация: - определенная ситуация (сравнительное положение): свалка бытового мусора, отвечающая нормативам LAGA - списка от 01.09.1979 - определенные условия для mI, mII, mIII, mIV = 1,0; временные и средние относительно объектов защиты, подвергающихся опасности, условия																			
Способ	Определение вредного воздействия веществ в сравнении: r ₀ (категория 0-6)																		
Оценка местных условий на предмет стандартизованной исходной ситуации	Обнаружение фактического риска rIII	Выброс вредного вещества rI = mI r ₀ Заражение вредным веществом rII = mII rI Распространение и действие вредного вещества rIII = mIII rII																	
	Обнаружение определенного риска rIV	Оценка относительно объектов охраны и их использования rIV = mIV rIII																	
	Определение примерного риска (R) с целью выбора предложенных методов	i.d.R.: R = rIV																	
Определение необходимости проведения работ	Определение уровня аргументации (BN)	(BN1 - BN4)																	
	Выведение необходимости работ из матрицы	1 2 3 4 5 6																	
	Уровень загрязнения																		
	<table><tr><td rowspan="4">BN</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td></tr><tr><td>3</td></tr><tr><td>4</td></tr></table>	BN	1	2	3	4	<table><tr><td rowspan="4">A</td><td rowspan="2">B</td><td colspan="2">E 1-2</td></tr><tr><td colspan="2">E 2-3</td></tr><tr><td rowspan="2">C</td><td rowspan="2">D</td><td colspan="2">E 3-4</td></tr><tr><td colspan="2"></td></tr></table>	A	B	E 1-2		E 2-3		C	D	E 3-4			
BN	1																		
	2																		
	3																		
	4																		
A	B	E 1-2																	
		E 2-3																	
	C	D	E 3-4																

BN - уровень аргументированности

R - примерный риск

A: выделение из области старых нагрузок

B: выдерживание в области старых нагрузок

C: специальный технический контроль

D: проверка возможностей уменьшения опасности вредного воздействия

E: изучение дальнейших уровней аргументированности.

Данная методика оценивается как относительно неточная, но имеющая практическую ценность. Для оценки результатов анализа привлекается специальная экспертная комиссия (Материалы находятся в Министерстве экологии и безопасности реакторов Земли Гессен и состоят из трех частей: модель анализа - основы моделирования - паспорт «старой нагрузки» моделируемых участков).

Метод сравнительного анализа и расстановка приоритетов

Простейший метод анализа в сочетании с первичной оценкой использовался в Землях Саар и Шлезвиг-Гольштейн, при этом в обоих случаях применялся разный подход в подборе критериев.

Другую методику использовали в Гамбурге (Комитет по делам экологии). Она называется «Оценка потенциала вредного воздействия площадей, предположительно подвергшихся загрязнению «старыми нагрузками», для определения приоритетов - AGFPE». Анализу подвергались пути распространения загрязнения через грунтовые и поверхностные воды, почву, воздух, а также свойства вредных веществ, их выделение, распространение и опасное воздействие на объекты экологической защиты. Оценка производилась по каждому из пунктов.

ТАБЛИЦА П.21
СТРУКТУРА И КРИТЕРИИ ФОРМАЛИЗОВАННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В
ЗЕМЛЕ ГЕССЕН (SRU, nach IWS und TGV, 1988)

Критерии	Среда/пути загрязнения			
	Грунтовые воды	Поверхностные воды	Почва	Воздух
Характеристика вещества	-объем свалки -характеристики загрязнения	-размеры свалки -характеристики загрязнения	-размеры свалки -тип залегания -объемы складываемых веществ (включая флору и фауну)	-размеры свалки -нагрузки от свалки -характеристики загрязнения
Характеристика местности	Геолот. условия: -проницаемость грунтов -однородность Состояние грунтовых вод: -длина пути фильтрации -мощность водоносного горизонта -напор -характер поверхности Формирование отложений и гидрогеологические условия: -протяженность -глубина залегания -фильтрационные воды -колебания объемов фильтрационных вод	-расстояние до водоема -наличие нескольких водоемов -затопляемая территория -воды на поверхности и в теле свалки -расход потока или объем вод -поверхностный сток	на объекте: -поверхностный слой -путь фильтрации -строение покровных отложений В окрестности объектов: -поверхностные отложения -перехваченный боковой сток со свалки -с/х угодьями -типы почв в окрестностях	на местности: -поверхностный слой свалки -проницаемость покровных слоев В окрестности: -отложения в виде насыпей или заполнения выемок -поверхностный слой -проницаемый грунт в окрестности -расположение свалки с подветренной стороны

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ II.21

Критерии	Среда/пути заражения		
	Грунтовые воды	Поверхностные воды	Почва
	на местности: -забор грунтовых вод в окрестности: -расположение в районе или вблизи источников питьевой воды (зона II) -водозабор в радиусе до 500м -расположение в районе или вблизи источников питьевой воды (зона III/IV) -водозабор в целях полива с/х площадей -спортивные площадки и зоны отдыха	на местности: -разведение рыбы -места рыбной ловли -водопой скота -зоны отдыха на воде -забор воды для орошения -береговой водозабор -забор в целях обогащения грунтовых вод -биотопы увлажнен.зон -промышл. водозаборы -те же критерии	на местности -строительство(жилое и промышл.) -спортивные площадки и зоны отдыха -производство продуктов питания (с/х использование) -леса.луга.зоны отдыха -паровые поля, хранилища, транспортные артерии, стоянки - В окрестности: -производство продуктов питания -природоохранные зоны, зоны отдыха, парки -леса, луга -строительство
			на местности: -строительство (жилищное и промышл.) -спортивные площадки и зоны отдыха - В окрестности: -строительство -спортивные площадки и зоны отдыха

Другую модель предложил Комитет по строительству в Гамбурге. На основе полученных параметров, предполагающих большой объем информации, разрабатывается проект необходимого решения, например, планирование «очистных» работ.

Наконец, следует назвать американскую систему Hazard Ranking System (HRS), согласно которой производят анализ относительного потенциала опасности по пунктам, что дает основание для включения определенной местности в национальный приоритетный каталог. При этом дается независимая оценка четырех возможных путей распространения загрязнения (грунтовые и поверхностные воды, воздух и непосредственное контактирование). Критерии оценки учитывают проникновение веществ, характеристики отложений, объекты экологической защиты и их использование.

Если оценить каждую из методик оценки опасного воздействия, то они все имеют сравнительно большие погрешности, поэтому очень сложно отдать предпочтение одной из них. Исходя из этого рекомендуется сочетание формализованного метода оценки с экспертизой специалистов на завершающем этапе.

1. Предварительные сведения

Очистка состоит в осуществлении мероприятий, которые обеспечивают приведение загрязненных территорий в состояние, безопасное для жизни и здоровья людей, живой и неживой природы. Основной целью очистки является, таким образом, обеспечение экологической безопасности мест расположения «старых нагрузок». Идеальным результатом «очистных» работ является удовлетворение требований о воссоздании первоначального (до загрязнения) состояния мест размещения «старых нагрузок», что, однако, сдерживается техническими и естественно-научными ограничениями. Выполнение этих требований будет означать, что как источники загрязнения, так и связанные с ними негативные изменения окружающей среды должны быть устранены. В настоящее время отсутствуют методы, подходящие для нейтрализации широкого комплекса токсичных веществ, встречающихся в виде загрязнителей. Выполняемая современными методами «очистка» не позволяет подготовить территории «старых нагрузок» для любого последующего использования.

В настоящее время существует неуверенность в обеспечении необходимой степени очистки, что определяется видом загрязняющих нагрузок, возможностями распространения вредных веществ на территории, направлением использования (восприимчивостью защитного материала).

Весьма сложно решение вопроса о том, какие остаточные концентрации токсичных веществ допустимы в грунтах и подземных водах. В отдельных случаях имеются зависящие от направления использования территории ориентировочные и максимальные показатели состояния среды. Таким случаем, например, является использование воды в качестве питьевой. Установить допустимое остаточное содержание вредных веществ можно исходя из их содержания, безопасного для здоровья людей. При этом важно расположение объекта и направление его использования.

В США применяют аналогичный подход, предусматривающий количественную оценку риска. Риск устанавливается для такого токсичного вещества, пороговое значение (допустимая доза без негативного влияния) которого вообще не определяется (канцерогенные вещества).

Мероприятия для освоения и защиты от влияния старых нагрузок

Различают четыре группы мероприятий: защита и ограждение; обеспечение безопасности; ликвидация загрязнений; перемещение.

Структурная схема очистки дана на рис. II.4.



Рис. II.4 Структурная схема очистных мероприятий

Мероприятия по защите и ограждению носят преимущественно временный характер до проведения собственно очистных мероприятий. В исключительных случаях (незначительный эффект последующих мероприятий, необходимость экономии средств) упомянутые мероприятия могут стать постоянными.

Мероприятия по обеспечению безопасности и ликвидации загрязнений объединяются понятием «очистка». Обеспечение безопасности преследует цель ликвидации путей загрязнения и на этой основе уменьшения или предупреждения загрязнения окружающей среды. При этом опасность должна быть устранена как для источников загрязнения, так и для их окрестности. О состоянии мероприятий второй и третьей групп имеются различные представления. Мероприятия по обеспечению безопасности преимущественно рассматриваются как ограниченные во времени решения, которые приводят лишь к некоторому исправлению положения, поскольку ликвидация загрязнений соответствующими методами невозможна. Однако неоднократно возникает необходимость в планировании этих мероприятий как длительно действующих. Это относится ко многим техногенным отложениям при глубинном загрязнении. Для обширных и неоднородных техногенных массивов в настоящее время не существует простых решений по ликвидации загрязнений. Поэтому обеспечение безопасности должно быть договорным, контролируемым и управляемым. Если последующие поколения все-таки будут использовать другие методы, то наши современные меры безопасности не станут препятствием для их реализации.

Перемещение включает выемку загрязненного материала и перенос его на свалку. Такие мероприятия должны включать решение вопросов перемещения материалов в пространстве и во времени. Они применяются, когда все возможности ликвидации загрязнения на месте исчерпаны и, очевидно, остаточное загрязнение выше допустимого.

Классификация методов очистки включает в качестве существенного показателя место проведения работ, определяющего применение метода обработки материала на месте его залегания (*in situ*), при этом структура техногенного материала и грунтов естественного основания не нарушается, а также методов, предусматривающих обработку загрязненного материала после его выемки из техногенного массива (*ex situ*).

Терминам *in situ* (в массиве) и *ex situ* (вне массива) соответствуют используемые в англоязычной литературе понятия *on site* и *off site*.

Для очистки «в массиве» применяются мобильные небольшие установки; очистка «вне массива» осуществляется с использованием крупногабаритных стационарных установок. Обзор методов очистки с учетом места их применения приводится в табл. 2.22.

ТАБЛИЦА П.22

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОЧИСТКЕ «СТАРЫХ НАГРУЗОК»

Вид мероприятия	Место проведения	Методы/мероприятия	Последующее обеспечение
Защита и ограждение	«в массиве»	Ограничение использования Запрещение доступа Вентиляция котлованов Создание прослоек между укладываемыми материалами Наблюдения	Исследования Обеспечение безопасности и ликвидация загрязнения
Обеспечение безопасности посредством ликвидации путей загрязнения	«в массиве» «в массиве» и «вне массива»	Пассивные гидравлические и пневматические методы (понижение уровня подземных вод путем водоотвода, газоулавливание) Изоляция Имобилизация	Контроль Ремонтные работы в случае необходимости Возобновление работ
Ликвидация загрязнений	«в массиве» частично «вне массива» «в массиве» и «вне массива» «вне массива»	Активные гидравлические и пневматические методы (водоотбор, каптаж грунтового газа) Химико-физическое воздействие (экстракция, сжатие, адсорбция, окисление, восстановление, осаждение) Биологические методы	Уборка отходов при потребности: контроль, возобновление мероприятий
Перемещение	«вне массива»	Выемка и переукладка отходов на свалку	Контроль свалки

3. Методы очистки

Планирование очистки исходит из целей, определенных лицами, принимающими политические решения. Оценивается возможность использования предложений и на этой основе сопоставляются альтернативные решения по очистке. Они должны также включать предложения по информированию участников внедрения мероприятий. Как планирование, так и окончательный выбор концепции очистки определяется голосованием представителей властей и проектно-исследовательских организаций. Одна инстанция принимает на себя координацию и делопроизводство. Если концепция сформирована, то она является политическим решением, которое можно рассматривать как основу для дальнейших специальных проработок.

Благодаря «очистке» повышается эффективность экранирования и снижение содержания вредных веществ, оцениваемые соответствующими показателями концентрации в грунте, природных водах, отработанной воде и газе. Получение минимальных значений этих показателей свидетельствует о результативности «очистных» работ. Качество «очистки» и эффективность применяемых методов характеризуют следующие критерии:

- мобильность и мобилизационная способность остаточных веществ в отходах;
- свойства грунтов после «очистки» (структура, содержание воды, воздуха и других веществ);
- безопасность работ и необходимость ограничения их во времени;
- экономное потребление электроэнергии и химикалий;
- исключение опасности для других территорий; минимальное вторичное техногенное нагружение;
- возможность контроля и документирования развития «очистных» работ;
- стоимостные показатели.

Первая стадия проектирования «очистки» носит исследовательский характер и включает анализ научно-технических, организационных, правовых и финансовых аспектов. Научно-техническое обоснование должно включать систематизированную оценку опасности с описанием инженерно-геологических и

гидрогеологических условий, достаточным для того, чтобы определить действенность методов очистки. К организационным мероприятиям относятся доступность территории, ограждение опасных зон, а также наличие компетентных исполнителей для стадии реализации. В сферу правового обоснования входит проверка возможностей реализации соответствующих постановлений. При рассмотрении финансовых аспектов оцениваются статьи расходов, диапазон стоимостных показателей и источники денежных средств.

Изучение практических аспектов имеет своей целью создание концепции очистки на основе анализа альтернативных решений, при этом руководствуются приведенными выше критериями. Также требуется дать оценку степени риска работ, для чего необходимо выяснить правильность метода очистки и вероятность нанесения нового ущерба во время ее проведения.

К прочим критериям, которые учитываются при выборе безопасных решений, относятся пространственная, вещественная и временная эффективность экранов; вид, объем и эффективность сопутствующих мероприятий; контролируемость создания и эффективности экранов.

При обосновании мероприятий по ликвидации загрязнения следует определить: вид среды воздействия (подземные воды, земля, массив свалки); степень разложения и изменения вредных веществ; возможные изменения среды под влиянием очистки; пути выноса вредных веществ из «старых нагрузок» и зоны локализации вредных веществ; место проведения ликвидации загрязнения («в массиве» или «вне массива»); возможность контроля процесса и степени очистки.

Устройства для отбора вредных веществ следует устанавливать в местах их максимальной концентрации. По экономическим соображениям следует минимизировать объемы удаляемых подземных вод. Излишнее разбавление вод в связи с малой потребностью в загрязненной воде приводит к повышению стоимости ее обработки. С другой стороны, это может стать необходимым, так как для выщелачивания (промывки) трудноудаляемых веществ создается система водооборота.

При ликвидации загрязнения образуются гидросмеси из композиции различных веществ, разрушаются существующие в загрязненном материале формы связи и силы, их обеспечивающие, вредные вещества разлагаются или преобразуются.

Мероприятия, проводимые «в массиве», обычно трудноуправляемы и требуют больших затрат времени, однако они

дешевле, так как исключают затраты на высмку и транспортировку восстанавливаемого материала.

Мероприятия по обеспечению безопасности должны прекратить распространение вредных веществ.

Пассивные гидравлические методы предназначаются для грунтовых вод и позволяют изменить направление потока подземных вод при помощи нагнетания или отбора воды через инфильтрационные или поглощающие скважины (колодцы). В качестве примеров применения можно назвать прекращение дальнейшего распространения загрязненных грунтовых вод при помощи поглощающих колодцев, перехватывающих подземный поток от «старой нагрузки»; отвод загрязненных веществ от защищаемой территории в водном потоке; прекращение дальнейшего выщелачивания посредством осушения (понижения уровня грунтовых вод).

Такие мероприятия эффективны большей частью лишь в качестве кратковременных и требуют довольно высоких энергзатрат.

Целью мероприятий по изоляции (герметизации) является исключение поступления вредных веществ из зон загрязнения и доступа к ним воды. Главная область их применения относится к техногенным массивам значительного объема, в меньшей степени - к локальным старым нагрузкам. Изоляционные мероприятия применяются там, где ликвидация загрязнения невозможна или возможна только в отдаленном будущем, а другие мероприятия нецелесообразны с учетом местной ситуации.

Создание ограждений позволяет регулировать массообмен между старыми нагрузками и окружающей средой. Последующая ликвидация загрязнения всегда необходима, особенно, если ограждения могут утратить свои защитные свойства. Различные элементы герметизации показаны на рис. 11.5. Здесь используются как методы, известные в строительной практике, так и специальные методы для свалок.

Поверхностное покрытие (экранирование) и создание завес обеспечивают перехват и отвод воды с целью предотвращения просачивания ее в массив свалки и выщелачивания; создают препятствие капиллярному поднятию до поверхности; предупреждают газовыделения и исключают возникновение пожаров; устраняют непосредственный контакт с вредными веществами на поверхности; создают благоприятные условия для развития растительности; исключают пыление; обеспечивают запланированное использование.

Экраны			
Система	Глубина	Толщина	Строительный материал
БЕЗ ВЫЕМКИ ГРУНТА Шпунтовая стенка Тонкая стенка Забивная щелевая стенка Инъекционная (под высоким давлением) завеса Ледопородная завеса	15-20 м	0,01-0,02	Сталь
	18-23 м	0,05-0,20 ³⁾	Грунтобетон
	15-20 м	>0,20 ³⁾	Грунтобетон
	>100 м	>0,8 ⁴⁾	Инъекционный материал
	>100 м	>0,8-1,0	Замороженные грунты
С ВЫЕМКОЙ ГРУНТА Однофазная щелевая стенка Двухфазная щелевая стенка Комбинированная стенка Инъекционная (под высоким давлением) стенка Комбинированные методы ²⁾	40 м	0,4-1,5	Бентонито- цементная суспензия (BZS)
	>50 м	0,4-1,5	Грунтобетон
	30м	>0,6	BZS, пленка/песок
		определяется	Инъекционные материалы
		определяется	Замороженные грунты

- 1) зависит от грунта
- 2) зависит от грунта и способа строительства
- 3) определяемый
- 4) зависит от грунта

Рис. П.5 Основные виды герметизации загрязнений

Существуют простые системы экранов (покрытия, уплотненные слои, защитные слои) и комбинированные варианты уплотненных слоев (рис.2.6). Создание уплотненных слоев с поверхности целесообразно лишь при отсутствии горизонтального перемещения вредных веществ в основании, иначе требуется создавать вертикальные экраны.

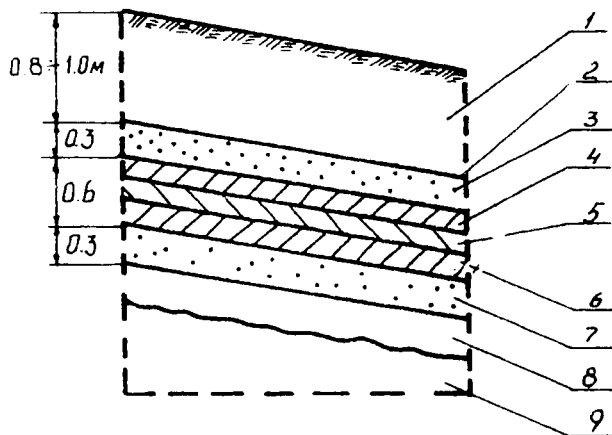


Рис. П.6 Комбинированный вариант герметизации свалок

Вертикальные экраны (противофильтрационные завесы в виде стенки из уплотненного материала) исключают боковое перемещение вредных веществ в основании, транзитную фильтрацию через область «старой нагрузки» и распространение загрязненных вод. Утечки выявляют при помощи системы контроля, которая должна обеспечивать обслуживание и ремонт герметизационных устройств на больших глубинах.

Вертикальные прорезы преимущественно создаются одно- или двухкомпонентным способами. При двухкомпонентном способе подготовленная траншея заполняется глинистой суспензией, которая затем уплотняется под действием собственного веса. При однокомпонентном способе материалы в стенках выемки и заполнитель идентичны. Стенка оказывается водопроницаемой, если в фильтрационных водах содержатся органические вещества. При этом важную роль играют диффузионные и гидродинамические процессы. Проницаемость завесы должна определяться с учетом движения поровой воды и гидравлического уклона. В качестве оптимального

коэффициента фильтрации для завесы называется значение $K_f < 10^{-3}$ м/с.

В последнее время испытывались комбинированные вертикальные экраны, включающие дополнительные синтетические слои. Составными частями таких многослойных экранов являются две поверхности из искусственного материала, между которыми находится дренажный элемент, используемый для откачки воды. При переходе от одного слоя к другому водопроницаемость может значительно изменяться. К настоящему времени испытаны искусственные ткани с высокомолекулярными непроницаемыми слоями, а также не взаимодействующие с вредными веществами композиции в виде инъекционных гелей или суспензий. Однако оценка долговечности новых материалов является весьма проблематичной.

Нижними экранами при изоляции старых источников загрязнения являются дополнительно создаваемые горизонтальные слои, для устройства которых преимущественно используются инъеклируемые материалы. В качестве ожидаемых затруднений следует отметить отсутствие гарантии создания сплошного экрана при инъектировании; опасность мобилизации вредных веществ при разбурировании техногенного массива; возможность загрязнения подземных вод инъектируемыми материалами; обеспечение долговечности экрана.

Методы иммобилизации преследуют цель препятствовать перемещению вредных веществ и соответственно уменьшать подвижность загрязненных материалов (рис. II.7). Такие мероприятия называются также стабилизацией. Средствами для их реализации служат специальные вспомогательные вещества – связующие, отвердители, активаторы, регуляторы схватывания (например, цемент, известь, гипс и природная вода). В результате иммобилизации уменьшается размываемость и растворимость (благодаря химическому преобразованию и физическому изменению), уменьшается удельная поверхность контактирующих частиц (посредством агломерации), сокращается пылеобразование (благодаря гранулированию или упрочнению), изменяется водопроницаемость, повышается прочность на сжатие и, наконец, изменяется агрегатное состояние (от текучего – к твердому). Механизм иммобилизации основан на введении компонентов в загрязненную среду, которые кристаллизуют массу до твердого состояния или повышают ее монолитность.

Некоторые методы предназначены для загрязненных массивов, другие только для отходов. Применяемые в массиве методы уменьшают объем пустот посредством их заполнения или механического воздействия. В основном экраны образуются из вредных ве-

ществ (с уменьшенной подвижностью), из связующих материалов, из комплекса связующие-массив отходов-грунтовая матрица и из загрязненного массива, уплотненного механическим способом. Следует принимать во внимание, что иммобилизационные реакции в определенном химическом окружении являются обратными.



Рис. II.7 Характеристика методов иммобилизации при изоляции источников загрязнения

Обзор методов и средств иммобилизации дан в табл. II.23.

Как правило, эти методы реализуются вне массива. Поэтому необходимо выполнение следующих операций: выемка материала, транспортировка к установкам; подготовка (дробление, классификация); обогащение связующих и добавок; дозирование загрязненного материала и добавок; смешивание, формовка, отверждение; транспортировка, укладка, уплотнение.

Часто исполнителями работ для закрепления предлагается распространенные дорожные строительные материалы и т.п. Использование подобных средств может привести к негативным последствиям из-за низкой стабильности предлагаемых материалов.

Пассивные пневматические мероприятия используются с целью исключения проникновения газов в загрязненную область.

Преимущественно речь идет о газоотборе из свалок с его последующим сжиганием и использованием для энергоснабжения. Необходимость газоотбора из свалок определяется взрываемостью газовоздушных смесей, опасностью смертей от удушья, отравления продуктами взрыва, возникновения паники. Пылевой газоотбор (газовые колодцы, отводящая и распределительная системы) является важной задачей при складировании отходов. Удаление летучих органических веществ при газоотборе также относится к пассивным пневматическим мероприятиям.

Таким образом, проводимые мероприятия будут тем сложнее, чем больше опасных веществ должно подвергаться иммобилизации.

ТАБЛИЦА П.23.

ОБЗОР НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИММОБИЛИЗАЦИИ

Средство	Дополнительное вещество (добавка)	Механизмы связывания	Примеры применения (отходы, вредные вещества)	Литература
А. Неорганические связующие средства				
Цемент (портланд-цемент)	Вода, возможен бентонит	Упрочнение, частично фиксация, уплотнение	Водные шламы (занефеванные) Подземные инъекции	WIEDERMANN (1992)
Жидкое стекло (На-силикат), порошкообразные силикаты	к. А.	Уплотнение	Грунтовый экран (основание старых нагрузок)	KUGLER (1986)
Золошлаки ТЭЦ (буроугольные)	Не назван, предположительно известь	Упрочнение Экранирование в польдерах (полях фильтрации)	Специфические Для коксового производства старые нагрузки	HOFFER(1988)
Стекло (электр. ток)	Электролит-соль	Спекание	«В массиве» спекание (JSV) отходов и грунтов	HAMPEL, FITZ PATRICK (1988)

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ II.23

Средство	Дополнительное вещество (добавка)	Механизмы связывания	Примеры применения (отходы, вредные вещества)	Литература
Б. Органические связующие вещества				
Битум, асфальт, парафин	Органические и неорганические (минеральные) наполнители, адсорбенты (угольная пыль, известь, кокс, глина, мел и т.д.)	Фиксация	Органические вредные вещества, например, фильтрация нефти из старых нагрузок; тяжело-металлические шламы	FORSTNER, (1987) KHORASANI (1988)
Полиэтилен Полибутан-1	К. А.	Макрогерметизация	Загрязненный разрушенный материал	WIEDEMANN (1982)
Эпоксидная смола Ненасыщенная полистирольная	К. А.	Связывание (упрочнение), нагнетания, изоляция	Отходы, загрязненное основание	WILES et.al. (1988)
В. Комбинированные вяжущие средства				
Летучая зола, цемент и искусственные вяжущие	Вода	Связывание (упрочнение, твердение)	Битумный шлам, различные отходы в старых свалках	ENSELING und KRINGS (1988)

Мероприятия по ликвидации загрязнений должны полностью исключить опасность, исходящую от старых нагрузок. Цель очистки – охватить по возможности все вредные вещества; преимущественно очистка производится на территориях старых нагрузок, в меньшей мере – в массиве техногенных отложений.

Вредные вещества или разрушаются (подвергаются разложению) или рассредотачиваются (тяжелые металлы) и вновь складируются. Некоторые вредные вещества могут переходить в другую фазу (изменение среды); при этом возможны дальнейшая сепарация и разрушение; в любом случае тонкое измельчение невы-

годно. Конечной целью всегда является наличие двух компонентов: очищенный массив и утилизируемые отходы.

Существующие методы позволяют выделить четыре стратегических подхода:

- разрушение (термические, некоторые химические и биологические методы);
- сепарация (экстракция, адсорбция, осаждение, ионный обмен и окислительно-восстановительные реакции), при этом вредные вещества удаляются из фильтрационных и отводимых вод, а также из отводимых газов;
- распределение (промывка породы, отсос подземного газа, дегазация и другие методы);
- перемещение на свалку.

В основу концепции очистки положено применение трех первых вышеназванных подходов. Очищенный материал может быть вновь использован различным образом при достаточном уровне снижения загрязнения. Это возможно для строительного мусора и грунтов, а также и для воды.

Если не достигается положительный результат в массиве, то следует извлекать грунт, принимая различные меры предосторожности. Так при газо-, пылеобразовании и запахе нужно в критических случаях устраивать перекрытие (при этом возможно создание низкого вакуума). Существует опасность взрыва легковоспламеняющегося материала, нагрев которого обусловлен химическими реакциями. Могут возникать новые пути загрязнения (при открытом залегании водопроницаемого материала возможно повторное поступление фильтрационных вод, что требует экранирования). Целесообразно послойное удаление загрязненного материала.

Вышесказанное имеет большое значение для обеспечения безопасности работающих на территориях «старых нагрузок». Следует принимать во внимание общие предписания по охране труда, требования профсоюзов и частично специальные предписания. Систематизированный обзор приводится в таблице II.24.

При последующем выполнении комплекса работ по погрузке, доставке, механической переработке необходимы дополнительные меры предосторожности. В критических случаях эти меры соответствуют применяемым на фабриках, где работают с высокотоксичными веществами. Большое значение имеет разделение по виду и степени загрязнения. Путь транспортировки должен быть небольшим с позиций минимизации затрат. При больших объемах вредных веществ очистные работы проводятся в массиве с использованием мобильных установок. Иногда получается даже так, что метод работ еще не определен и приходится устраивать промежуточный склад. Также необходимо выбрать трассу транспортировки, обеспечивающую планируемую производительность.

Активные гидравлические и пневматические методы предназначены для того, чтобы обеспечить на участке размещения техногенного массива извлечение и очистку содержащих вредные вещества жидкой и газообразной фаз. Затем извлеченные фазы должны очищаться посредством осуществления следующих операций:

- мобилизация и транспортировка вредных веществ в массиве (1-ая стадия);
- отвод загрязненных фаз к очистным устройствам, отделение вредных веществ и отвод очищенных вод и воздуха (2-ая стадия).

Если работы производятся в массиве, то возможна реализация замкнутого цикла (очищенная вода отводится в основание). При этом осуществляется поступление загрязненной воды для очистки (вне массива) или для стимулирования биологической очистки (вне массива) или для стимулирования биологической очистки в массиве; откачка загрязненных напорных вод из техногенных массивов; аэрация или удаление воздуха из грунта; дегазация свалок.

Для планирования активных гидравлических мероприятий необходима информация о геологических и гидрогеологических условиях, которые играют определяющую роль при обосновании мероприятий по защите окружающей среды или очистке загрязненного участка. Эти условия в общем позволяют разграничить области применения методов.

Далее следует выяснить, существуют ли многофазные смеси веществ (органика и суспензированные твердые вещества в воде, газ поглощенный или свободный)).

ТАБЛИЦА П.24

ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ОПАСНОСТЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ПРИМЕРНЫЙ СОСТАВ ТРЕБОВАНИЙ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ (Источник: *Simons et. al., 1988*)

Степень опасности	Пример загрязнения	Требования к безопасности		Требования к производству работ		
		Люди	Машины	Выемка и погрузка	Транспортировка	Разгрузка и укладка
I Ограниченная опасность	Возбуждающие вещества	-защита органов дыхания* -защита лица.			-открытый транспорт на площадке; -покрытие для уличного транспорта; -водо- непроницаемый кузов; -очистка путем опрыскивания (орошение)	-защита подземных вод; -осушение водонасыщенных глинистых пластичных грунтов
II Легкая опасность	Единые вещества, слабые, токсичные, образующие	Дополнительно: -перчатки; -сапоги; -постоянные измерения.	Дополнительно: -герметичные кабины с воздушным фильтром из активированного угля; -защита от коррозии	Дополнительно: -малая площадь выемки; -покрытие участка выемки или разрушения; -выгрузка непосредственно на месте отбора	Дополнительно: -всплывающая герметизация кузова; -отделение строительной дороги от загроможденного участка; -наличие установок для очистки транспорта	Дополнительно: -немедленное покрытие для предупреждения газовой или пылевой эмиссии; ограниченные затраты на уплотнение

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ II.24

Степень опасности	Пример загрязнения	Требования к безопасности		Требование к производству работ		
		Люди	Машины	Выемка и погрузка	Транспортировка	Разгрузка и укладка
III Средняя опасность	Взрывчатые и горючие вещества	Дополнительно: -запрещение огня; -противопожарные устройства; -предупредительные плакаты; -выделение опасных зон; -санитарные устройства; -огнестойкие костюмы	Дополнительно: -герметичные кабины; -защитные стекла; -устройство газоотбора; -исключение электро-статических зарядов	Дополнительно: -ограниченное механическое нагружение оборудования; -улучшенное покрытие (защитные устройства из искусственных материалов для выемочного органа)	Дополнительно: -транспортировка на рабочей площадке с помощью закрытого контейнера; -бункерные устройства/пункты перегрузки	-ограниченные затраты на уплотнение
IV Высокая опасность	Ядовитые твердые и жидкие вещества, трудные изменяющиеся токсичные материалы	Дополнительно: -полностью изолирующая одежда; -группами; -сокращение продолжительности работы; -наличие аппаратуры для экспресс-анализов; -спасательные автомобили; -аппараты для искусственного дыхания; -камеры для ликвидации загрязнения	Дополнительно: -воздухо-непроницаемые кабины с дыхательными аппаратами	Дополнительно: -послойная выемка; -устройство защитных погрузочных пунктов	Дополнительно: -упрочнение материала; -перегрузочные пункты на рабочей площадке	Дополнительно: -разгрузка и укладка на месте залегания отходов в завесимости от промышленного типа свалки и технологии очистки

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ П.24

Степень опасности	Пример загрязнения	Требования к безопасности		Требование к производству работ	
		Люди	Машины	Выемка и погрузка	Транспортировка
V Очень высокая опасность	Сильно ядовитые и взрывчатые, летучие материалы		Дополнительно: -оборудование с дистанционным управлением	Дополнительно: -немедленная погрузка в закрытые транспортные сосуды	Дополнительно: -транспорт в пределах рабочей площадки в закрытых контейнерах
					Разгрузка и укладка

Устройства для производства работ включают: дренажные скважины (колодцы) для откачки воды с растворенными веществами (рис. II.8), легкими (легче воды) органическими веществами (рис. II.9,а) и тяжелыми органическими веществами (рис. II.9,б); дренажные каналы, глубокие дренажные прорези, инфильтрационные каналы; дренажные шахты (стволы); инфильтрационные колодцы (скважины), инъекционные скважины; контрольные пьезометры.

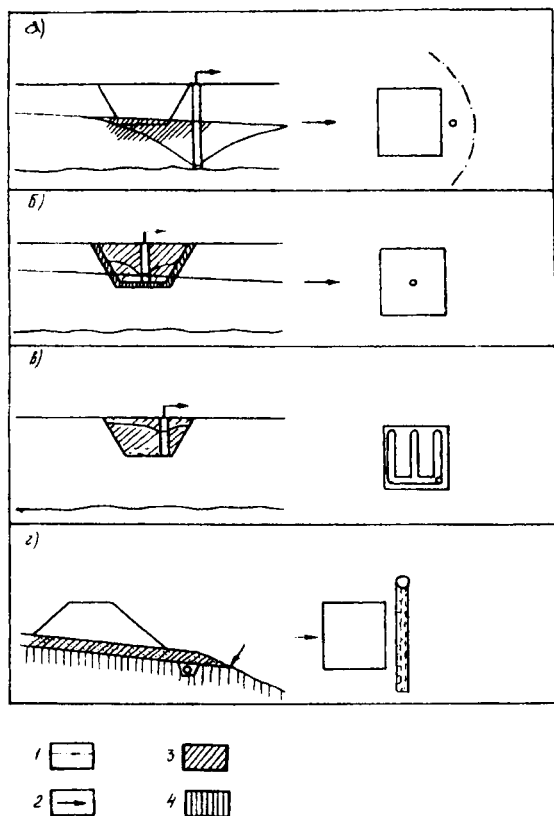


Рис. II.8 Принципиальная схема активных гидравлических мероприятий (слева - разрез, справа - вид сверху)

Вариантом гидравлической очистки является «промывка», предусматривающая нагнетание воды в техногенный массив или в его основание и перенос с водой вредных веществ. Метод применим, если перемещаемый объем больше нагнетаемого и депрессионная воронка располагается выше дренажной галереи.

При использовании методов геогидравлического удара вибродатчиками регистрируется передача энергии в массив в виде волнового воздействия на ненасыщенную зону (от поверхности) и на водопроводящую среду (рис. II.10). Подобное воздействие направлено на мобилизацию тяжелых органических веществ. Однако при этом возможно уплотнение грунтов, которому сопутствует иммобилизация.

Активным пневматическим методам доступны только легколетучие вещества. Обоснование этих методов также требует детальных исследований геологического, гидрогеологического и физико-химического характера. К этим методам относятся:

- удаление грунтовых газов. В ненасыщенной области используется вакуумирование, которое обеспечивает возникновение воздушного потока, захватывающего газо- и парообразные вредные вещества. Для этого способа достижима степень очистки до 90%. Вредные вещества должны отделяться от отводимых газов. При преобладании проницаемых слоев в техногенном массиве может возникнуть опасность выхода воздушного потока на поверхность вне скважин по кратчайшему пути. Если не имеется подготовленной поверхности, то ее необходимо закрыть экраном. Преимуществом метода вакуумирования является возможность его применения на застроенных территориях (рис. II.11).
- выпаривание. Для газоотбора производится нагнетание сжатого воздуха или насыщенного пара (130°C - 180°C). При этом повышается эффективность вытеснения газа и зона воздействия распространяется на водонасыщенные слои. Нагнетание пара позволяет также удалять вещества с повышенной точкой кипения (галогенные растворы, ароматические углеводороды, фенолы). Достигается степень очистки до 99%. Подача сжатого воздуха и пара до водоносного слоя осуществляется с помощью труб.

Нагнетаемый воздух может полностью вытеснить поровую воду, при этом не исключается закрытие пор и снижение проницаемости массива. При нагнетании пара подобная опасность не возникает. Также возможно использование гидравлических сопутствующих методов для извлечения вытесненных загрязненных вод.

Среди перспективных методов ликвидации загрязнений имеется немного таких, которые относятся к области геотехники. Этими методами занимаются, прежде всего, технологи.

Идея термических методов заключается в нагревании загрязненного материала до такой степени, что летучие вредные вещества испаряются и одновременно, по меньшей мере, часть из них сгорает. Образующиеся газы очищаются посредством каталитического окисления или промывки.

Диапазон применимости методов (рис. II.12) преимущественно определяется видом вредных веществ. Выделяются три группы загрязнений грунтов: жидкие соединения (растворители, углеводороды, комплексносвязанные цианиды); галогенизированные органические соединения; нелетучие соединения (тяжелые металлы, неорганические соединения).

Вещества первой группы переходят в парообразное состояние при температуре $T \leq 650^\circ\text{C}$. Очистка грунтов, содержащих такие вещества, возможна во вращающейся обжиговой печи или при обжиге в кипящем слое. Последующее сжигание осуществляется при температурах ($800\text{--}1200^\circ\text{C}$).

Относительно результатов термической обработки веществ второй группы не все ясно, т.к. возможна опасность образования высокотоксичных веществ (диоксинов и фуранов).

Вещества третьей группы не могут быть удалены термическими методами из загрязненных сред.

Методы экстракции разделяют вредные вещества и грунтовый материал с помощью специальных экстракционных средств и (или) механической энергии. После экстракции жидкая фаза отделяется от минеральной составляющей грунтов, благодаря чему вредные вещества удаляются и затем с помощью экстракционных средств извлекаются. Степень эффективности очистки зависит от концентрации вредных веществ и наличия примесей. Заключительным этапом является очистка отработанной воды и газов. Область применения данного метода определяется с учетом вида вредных веществ и грунтов.

Грунты должны быть грубообломочными или песчаными и обладать высокой проницаемостью. Связные грунты с высоким содержанием гумуса трудно поддаются очистке. Загрязнители прочно

сорбируются частицами таких грунтов. Здесь может в известных условиях оказаться эффективным использование дополнительно физического воздействия (вибрация, высокое давление струи, центрифугирование, промывка с вращением и т.д.). Тонкодисперсные частицы оказывают отрицательное влияние еще и тогда, когда образуется устойчивая суспензия, из которой тяжело выделить загрязненное экстракционное средство. Может образовываться шлам, который следует устранять как особый вид отходов. Подобная ситуация может сложиться при использовании органических экстракционных средств. При этом между гидрофильными тонкими частицами и гидрофобным растворителем действуют силы отталкивания. Данный метод применим при максимальном содержании тонких частиц до 25%.

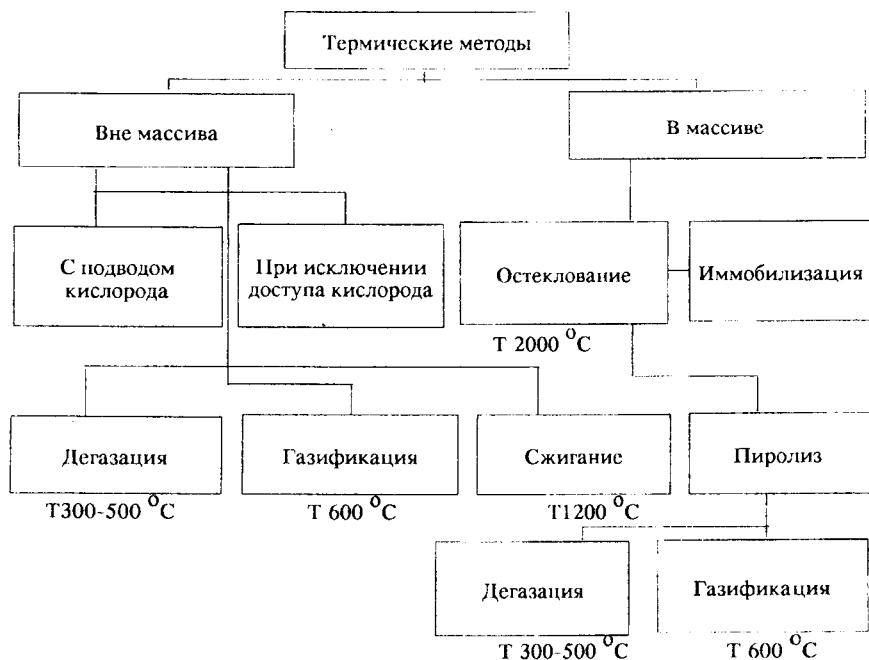


Рис. П.12 Оценка возможности термических методов при ликвидации загрязнений

ТАБЛИЦА П.25

МЕТОДЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ФЛЮИДЫ

Методы очистки	Обрабатываемые среды	Место применения	Рабочее вещество	Реагенты, вспомогательные вещества	Воздействие различных полей	Отделение очищенного материала	Общие ограничения проблемы
А) Экстракция и промывки	Загрязненные грунты с их выемкой или без нее	в массиве (промывка, выщелачивание) и вне его	Вода	Тенсиды, диспергирование, кислоты, комплексообразование (регуляция, рН), комплексователи	Измельчение, транспорт, тирова, увлажнение, экстрагирование, вибрация, растрескивание	Гидроциклоны, сепараторы, колонны для восходящих потоков, мультициклоны, виброслои, грохоты, флюккуляция, ионный обмен, химические методы (см. выше)	Продолжительность контакта/число стадий извлечения, ресорбция на частицах грунта, увеличение летучести, адсорбированные вредные вещества, уборка шлама, гетерогенность грунтов, остатки добавок химических реагентов в грунте и подземной воде, взрывоопасность (при органических растворителях)
			Органические растворители (растворная экстракция)	Тенсиды	с помощью гидропульшек, центрифугирования, нагревание		
Газообмен	Загрязненные основания	в массиве	Пар, сжатый воздух		Тело, давление	Адсорбция сжатым воздухом	Длительность обработки, осадки, формирование предпочтительных путей движения потоков в грунтах
	Загрязненная вода	в массиве и вне его	(горячий, холодный)				

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ П.25

Методы очистки	Обрабатываемые среды	Место применения	Рабочее вещество	Реагенты, вспомогательные вещества	Воздействие различных полей	Отделение очищенного материала	Общие ограничения/проблемы
Адсорбция	Несвязанная газовая фаза за загрязненные грунтовые и технологические воды	в массиве	Активированный уголь, молекулярные сита, адсорбирующие смолы		Экзотермический процесс	Сита, транспортировка	Адсорбционное равновесие, удаление загрязненных адсорбентов
Ионный обмен	Загрязненные воды (грунтовые, технологические)	в массиве	Ионообменные смолы	Компенсация	Транспортировка	Сита	Только для определенных ионов
Мембранный метод	Загрязненные жидкости	в массиве	Вода		Электрическое поле, давление	Мембраны	Допустимые нагрузки на мембраны, содержание взвешенных веществ (забивка пор)
Седimentация, флотация	Технологическая вода тонкие шлам	в массиве	Вода	Флоклянты	Центрифугирование, движение потока	Гидроциклоны, центрифуги, флотационные машины	Зависимость от крупности частиц, отходы

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ П.25

Методы очистки	Обрабатываемые среды	Место применения	Рабочее вещество	Реагенты, вспомогательные вещества	Воздействие различных полей	Отделение очищенного материала	Общие ограничения/проблемы
Выпаривание	Фильтрационные воды		Вода		Нагревание	Сита фильтры	Удаление отходов
Осаждение (флокуляция, коллоидные эффекты)	Отработанные воды		Вода	Осаждающие средства, вспомогательные вещества	Химическое	Сита фильтры	Токсичные побочные продукты
Химическое преобразование (окисление, восстановление, дегазация)	Водянистые фазы		Вода	Реагенты	Химическое	Например, седиментация	
	Маслянистые фазы (фильтрационные масла)	в массиве и вне его	При необходимости органические растворители	Металлический натрий H_2	Смешивание + экзотермич газообр. H_2 , высокие Т, Р (дегидрохлорирование)	Дистилляция, промывка	
	Грунты	в массиве	Воздух	Озон	Окисление (разрушение)	Транспортировка (жатым воздухом)	Условия залегания грунтов и их свойства, токсичные металлы

Методы экстракции и промывки могут применяться как для неорганических, так и для органических вредных веществ. Не отделяются тяжелые металлы, связанные в шлаках или представленные в относительно крупных зернах. Аналогичная ситуация наблюдается с органическими соединениями в конгломератных формах. Отделение минеральных зерен невозможно на основе учета только их размеров; также имеет значение, в каком состоянии представлены в грунте вредные вещества – растворенном или диспергированном в поровой воде, фазой порового пространства, пленками, прилипшими к минеральным частицам.

Посредством промывки вредные вещества из грунта легко удаляются для первых двух видов; пленочные разновидности удаляются лишь при использовании химикалий или механического воздействия.

Недостатки методов заключаются в трудностях, связанных с отделением экстракционных средств и их очисткой от вредных веществ. С учетом условий применения экстракционных средств (температура 10–30°C, широкий диапазон грунтов) фактически речь идет об использовании немногих средств (материалов): кислот (HCl, H₂SO₄), оснований (NaOH и сода) и растворителей в сочетании с поверхностно-активными веществами.

Перечень других физико-химических методов ликвидации загрязнений приводится в табл. II.25.

Биологические методы

Микробиологические процессы развиваются как естественные процессы очистки. Классификация микробиологических методов дана на схеме (рис. II.13). Для микробиологических процессов общим признаком является управление микробиологическим разрушением для достижения желательного воздействия. Это происходит благодаря добавлению источников кислорода, солей, возможно специально адаптированных микроорганизмов.

Таблица II.26 иллюстрирует возможности разрушения микроорганизмами вредных веществ. Однако, разрушающая способность зависит от других параметров. Характеристика некоторых физико-химических показателей среды, препятствующих загрязнению, приведена в табл. II.27. Из-за комплексного взаимодействия различных факторов окружающей среды прогноз объемов перерабатываемых микроорганизмами вредных веществ для природных условий невозможен.

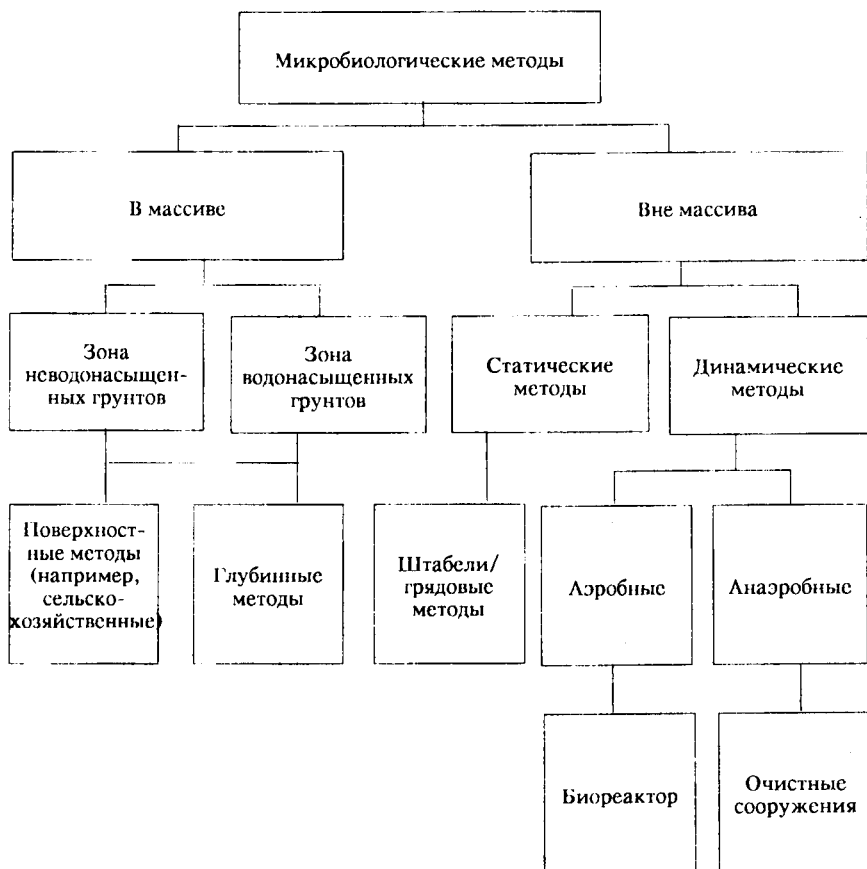


Рис. II.13 Оценка возможности микробиологических методов при ликвидации загрязнений

ТАБЛИЦА П.26

**СТЕПЕНИ РАЗЛОЖИМОСТИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
МИКРООРГАНИЗМОВ**

Биологически легко-разложимые	Углеводороды: ароматические углеводороды, например, бензол, толуол, крезол, ксилол, нафтол Ациклические углеводороды, алканы, полиароматические углеводороды Неорганические соединения, например, цианиды, тиоцианат, сера, сульфиды и тиосульфат Определенные хлорированные ароматические углеводороды, например, некоторые хлорбензонаты, хлорфенолы и хлорфеноксияценаты, монохлортолуол
Биологически трудноразложимые	Другие хлорированные ароматические углеводороды, нитрофенолы РСВ-соединения (длительно разложимые слабохлорированные бифенолы) Диоксин, дибензофураны: сведений о биологическом разложении мало или они отсутствуют
Не поддающиеся биологическому разложению	Тяжелые металлы

ТАБЛИЦА П.27.

**НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СРЕДЫ,
ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ ЛИКВИДАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Показатели	Вспомогательные мероприятия
pH, rH-, T- и др., обуславливающие задержку роста микробов (активизацию энзимов)	Улучшение среды
Токсичный загрязнитель	Адаптирование к концентрации использования энзимов
Загрязнитель низкой концентрации	Со - метаболизм
Источники углерода и энергии недостаточны	Обогащение
Важнейшие био- и рассеянные элементы имеют минимальное содержание	Обогащение

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ II.27

Показатели	Вспомогательные мероприятия
Низкая концентрация O_2	Аэрация (O_3, H_2O, NO_3)
Загрязнитель нерастворимый или с высокой концентрацией	Диспергирование: снижение концентрации
Загрязнитель труднодоступен	Улучшение контакта (циркуляция, транспортировка)
Микроорганизмы (или энзимы) не существуют	Генная технология
Микроорганизмы (или энзимы) не представлены на изучаемой территории	Выращивание соответствующих культур
Микроорганизмы неконкурентноспособны	Селективное подавление конкурентов
Микроорганизмы не выживают	Применение препаратов энзимов
Необходимые энзимы (-системы) не возбуждаются	Применение энзимных препаратов

4. Контроль работ по очистке «старых нагрузок»

Правила работы с опасными веществами предусматривают обязательный контроль очистки. Организационно-оперативный контроль включает соблюдение предписаний и выполнение мероприятий по безопасному ведению работ и поручается органам надзора, профсоюзам и другим организациям. В случае крайней необходимости приходится решать организационные и коммуникативные задачи, для чего привлекаются полиция, пожарные и другие службы, обеспечивающие скорую помощь и эвакуацию. Проведение контроля с применением технических средств рассматривается ниже (рис. II.14).

Контроль очистных работ определяется их видом. Мероприятия по обеспечению безопасности требуют контроля качества защитных устройств и подготовки в период очистных работ длительного контроля профилактических мероприятий. При проведении мероприятий по ликвидации загрязнений объектами контроля становятся управление процессом и оценка распространения вредных веществ за пределы объекта.

В ходе работ по обеспечению безопасности подлежат контролю: извлекаемые объемы газа и воды; эффективность защитных колодцев; степень загрязнения исходящего потока; создание систем герметизации, учитывающих строение слоев, качество изолирующих материалов, швов (стыков) пленочных экранов, глинистых элементов, выполнение строительных работ; создание иммобилизованных масс; функциональность готовых защитных элементов.

Первые три позиции относятся к гидравлическим и пневматическим мероприятиям, остальные - к мероприятиям по герметизации (изоляции).

При проведении мероприятий по ликвидации загрязнений контролируют:

- параметры процесса (температура, объемы потоков, дозировка вспомогательных веществ, уровень заполнения и др.);
- снижение концентрации вредных веществ в грунтовых и фильтрационных водах, грунтах; образование метаболитов, содержание бактерий в воде и грунтах;
- изменение связанных форм и мобилизацию вредных веществ;
- водоотбор и показатели инфильтрации при активных гидравлических мероприятиях; отбор грунтового воздуха при активных пневматических мероприятиях;
- параметры отработанной воды (BSB 5 - биохимическая потребность в кислороде на 5 суток - показатель содержания биологически разрушаемых веществ, CSB - химическая потребность в кислороде - показатель содержания химически окисляемых веществ, разность CSB - ESB - BSB 5 - отражает нагруженность среды особенно тяжело разлагающимися органическими веществами; AOX (адсорбируемые органические галогенные соединения, соли, тяжелые металлы);
- параметры отходящего воздуха (концентрация вредных веществ, объемы потоков);
- объемы отходов и их параметры (с учетом необходимого баланса материалов);
- состояние аварийных агрегатов;
- состояние и применимость очищенных грунтов.

Для реальных объектов производится корректировка состава контроля с учетом специфики условий производства работ.

От контроля в период очистки часто осуществляется плавный переход к последующим наблюдениям. В то время как на одних участках объекта очистные работы закончены, на других они еще продолжаются. При использовании некоторых биологических методов в массиве очистка может формально считаться законченной, несмотря на то, что биологические процессы продолжают развиваться. Отказ от технического последующего контроля (режимных наблюдений) возможен, если только доказано отсутствие остаточных загрязнений отходами. Иногда целесообразно осуществление многих циклов очистки и, соответственно, режимных наблюдений.

Если удастся осуществить частичную ликвидацию загрязнений, следует контролировать подвижность и мобилизационную способность остаточных нагрузок, а также их использование. Задачи режимных наблюдений весьма многообразны и они также остаются в силе при ограниченном сроке действия очистных мероприятий. Работоспособность обеспечивающих безопасность элементов требует контроля: долговременной устойчивости строительных конструкций (систем герметизации, фундаментов); утечек; долговременности иммобилизации; распространения загрязнений; уровня воды в старых техногенных отложениях и других изолированных массивах; надежности резервных систем; ремонта дефектных элементов.

При проектировании наблюдений в расчет принимается продолжительность процессов разложения материала, например, в свалках. Так, для углистых веществ этот период достигает 70-150 лет. В некоторых случаях установить момент окончания наблюдений не представляется возможным. При очистных работах в массиве одновременно протекают естественные процессы разложения и процессы выноса вещества (массопереноса). Поэтому стремятся уже на стадии планирования очистки предусматривать использование систем, не требующих трудоемкого обслуживания. Документирование результатов наблюдений должно обеспечить получение информации для использования территории с учетом степени ее загрязнения.

5. Затраты и финансирование

Если речь идет о связанных со старыми нагрузками затратах, то на первом месте стоит ущерб, вызываемый техногенным

загрязнением. Для западных земель Германии этот ущерб в 1988 г. превысил 1,7 млрд. DM.

Стоимость земельных участков может значительно снижаться, если они действительно загрязнены или имеется подозрение об их загрязнении, в отдельных случаях участки становятся непродажными. Земельным рынком определяется проведение очистки территорий. Властями в отдельных случаях запрещается изменение направлений использования старых нагрузок до тех пор, пока вопросы пригодности территории не будут основательно проработаны. Однако это осуществляется только в рамках составления плана освоения территории. В США ситуация для отдельных штатов такова, что продажа или консервация промышленных зон возможна лишь после очистки территорий, фактически соответствующей состоянию земель без техногенных нагрузок. При этом прежде всего защищаются интересы покупателей и, конечно, учитываются проблемы окружающей среды.

Следующая проблема - затраты на регистрацию, оценку опасности и очистные мероприятия. Для минимизации обусловленной старыми нагрузками опасности, решение о проведении очистки вообще и ее вид определяется критериями целесообразности и сопоставимости масштабности. Во внимание принимается эффективность производимых затрат с учетом возможного риска. Очистку стремятся выполнить с использованием ограниченных людских и производственно-экономических ресурсов. Высокие расходы на стадиях изучения объекта могут обеспечить значительную экономию в ходе очистных работ. При оценке эффективности следует принимать во внимание, что ранее не использовавшиеся территории восстанавливаются и подземные воды становятся вновь пригодными. Дорогие мероприятия по ликвидации загрязнений также имеют преимущество по сравнению с мероприятиями по обеспечению безопасности, т.к. они являются долговечными.

При составлении технико-экономического обоснования зарплата обычно превышает расходы на материалы и оборудование.

При оценке опасности объекта доля зарплаты увеличивается при проведении полевых исследований. В среднем такие затраты составляют 35000 DM для предполагаемой территории расположения старых нагрузок. Примерные значения затрат:

<i>простая свалка в понижении рельефа</i>	<i>54000 DM</i>
<i>машиностроительный завод с термообработкой и гальваникой (80000 кв.м)</i>	<i>50000 DM</i>

сомнительный коксовый цех

187000 DM.

В отдельных случаях затраты на оценку опасности могут достигать 400000 DM и более.

Затраты на очистку регламентируются проектом очистных работ, однако также возможны дополнительные расходы (информационное обеспечение и т.д.). Примерные удельные затраты для различных методов приводятся в табл. II.28.

К факторам, определяющим затраты, относятся свойства загрязненных грунтов; производственно-технические показатели (размеры оборудования, вид сооружений, потребность в персонале и т.д.); уменьшение содержания вредных веществ или их устранение (число циклов очистки, интенсивность газоотбора, устранение отходов, потребность во вспомогательных материалах и т.д.); энергетический баланс (потребляемая и получаемая при сжигании извлекаемого газа энергия); разрешительно-правовые аспекты (продолжительность действия разрешения на производство работ, законодательные акты по окружающей среде, охрана труда).

ТАБЛИЦА II.28

ПРИМЕРЫ ВЕЛИЧИН УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ
ОЧИСТКИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ (составлено по данным за 1987-1989 г.г.)

Методы	Диапазон затрат
Мероприятия по ликвидации загрязнений	
Прямое термическое воздействие (на месте)	100-800 DM/тн
Экстракция и промывка (на месте)	
Биологические методы	10-200 DM/тн 1000-300 DM/тн
методы «в массиве» методы «на месте»	
Перемещение свалок специальных отходов	100-450 DM/тн
Мероприятия по обеспечению безопасности	
Иммобилизационные методы	50-200 DM//тн
Методы изоляции	
Поверхностное экранирование	100-150 DM/кв. м
Защитные стенки	90-300 DM/тн
Глубинное экранирование	700-2500 DM/кв. м

Решающее значение имеет степень очистки: если удастся достичь высокой степени очистки, то расходы увеличиваются сверхпропорционально. При гидравлических мероприятиях (откачка воды) часто ошибаются, т.к. в большинстве случаев запланированного для очистки времени недостаточно. Поэтому приходится оборудовать новые дренажные устройства; в ряде случаев более эффективны комбинации строительных и гидравлических мероприятий.

Финансирование очистки «старых нагрузок»

Центральным принципом политики охраны окружающей среды при изыскании средств в Германии является причинный принцип. Предполагается, что в каждом случае удастся установить виновника загрязнения. Однако такая ориентировка не всегда достигает цели, так как иногда отсутствует ответчик в связи с тем, что предприятие - виновника загрязнения более не существует; ответчики не могут принять на себя расходы, так как контакт (доступ к ним) с ними также невозможен; старая нагрузка относится к особой сфере ответственности.

Такое встречается, если какое-либо общество, группа лиц использовало свалку и из-за недостаточного знания закона или отсутствия контроля должно нести ответственность.

В таких случаях часть финансирования должна выделяться из общественных средств. Такое решение не является общим. Возможно также обсуждение других концепций финансирования. Прежде всего речь может идти о принципах групповых нагрузок, предусматривающих частичное финансирование через такие группы, при котором возможно дальнейшее соглашение с прежними виновниками загрязнения. По возможности стремятся, на основе найденной модели финансирования разработать перспективные пути уклонения от старых нагрузок. При этом такая модель должна обеспечивать экономически целесообразную реализацию природоохранных задач.

Существует ряд моделей финансирования, основные идеи которых представляются ниже.

1. Лицензионная модель (для Земли Северный Рейн-Вестфалия)

Согласно этой модели перемещение и обработка отходов возможны только после оформления лицензии. Плата за лицензию вкла-

дывается как дотация на изучение старых нагрузок. Имеются воззрения, по которым такой подход не имеет правовой основы, так как федеральный закон об отходах не оставляет места для дальнейших норм (по этому поводу имеются возражения); лицензионные обязательства исполнителя работ в его праве на профессиональную свободу ограничиваются конституцией.

Так как здесь рассматривается вопрос защиты окружающей среды, т.е. общественного достояния, то такое возражение не представляется существенным.

Такая модель должна также надежно обосновываться с экономических позиций. Прежде всего речь идет о размере лицензионного сбора (налога). С одной стороны высокая цена лицензии побуждает к уклонению от оплаты и увеличению стоимости работ (затраты на лицензию должны наверняка переноситься на виновника загрязнения), что может привести к нежелательным последствиям. С другой стороны, капиталовложения достигают значительных размеров. С учетом степени ответственности следует признать весьма проблематичным факт возложения лицензионных затрат на исполнителя работы по устранению отходов и освобождения от них виновника загрязнения.

Особые сборы

В Гамбурге предусматривается целевой налог на размещение определенных химических веществ (хлор, серная кислота и т.д.). Средства должны использоваться для повторной очистки от загрязнений. Способ финансирования надежно определен, однако правовое обеспечение нуждается в совершенствовании. Так как сборы служат только одной цели, то они являются особыми, и допустимы лишь при вполне определенных правовых предпосылках.

Заслуживает внимания распределение финансирования на старые нагрузки в земле Гессен, выделяемого для сохранения и улучшения окружающей среды. Здесь исполнители очистных работ несут большую ответственность, чем общественность.

Целевые налоги (отчисления)

Налоги являются эффективными в случае, когда целевое назначение реализуется повсеместно. Однако не рационально вкладывать средства только в «очистные» работы, они должны направляться на другие мероприятия по устранению и утилизации отходов. Тогда принимаются во внимание целевые налоги как вид затрат для финансирования комплекса мероприятий по «старым нагрузкам».

Для финансирования очистки «старых нагрузок» ряд федеральных Земель (Рейнланд-Пфальц, Бавария и др.) используют кооперационный принцип, в соответствии с которым все необходимые решения и финансовые операции осуществляют представители Земель, общин и хозяйств на добровольной основе. Модель проявила себя как эффективная, гибкая и приспособляемая к различным условиям. Недостаток модели заключается в том, что добровольный характер объединения исключает принудительное соблюдение определенных договоренностей. Изменение экономического положения может поэтому быстро приводить к новым решениям.

Вполне вероятно, что ожидаемая правовая система ЕС, также не окажет существенного влияния на описанные варианты финансирования «старых нагрузок» в Германии.

| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К РАЗДЕЛУ II

Achakzi D, Schaar H., Lühr H.D., Pöppinghaus K. Statusbericht zur Altlastensanierung. Technologien und F+E-Aktivitäten; In: Bonn, Berlin: BMFT/UBA; 1988.

Arbeitsgemeinschaft Wasserwirtschaft im Schleswig-Holsteinischen Landkreistag. Erfassungsbogen zur Erkundung und Voruntersuchung; Altablagerung/sonstiger kontaminierter Standorte; Kiel: Schleswig-Holsteinischer Landkreistag, 1985.

Arbeitsgemeinschaft Wasserwirtschaft im Schleswig-Holsteinischen Landkreistag. Erfassungsbogen zur Erkundung und Voruntersuchung sonstiger kontaminierter Altstandorte; Kiel: Schleswig-Holsteinischer Landkreistag, 1985.

Arbeitsgemeinschaft Wasserwirtschaft im Schleswig-Holsteinischen Landkreistag. Merkblatt zur Untersuchung der Auswirkungen von Altablagerungen. Bearbeitet vom Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein; Stand: 15.04.1986; Kiel.

Bewley R.J., Hilker J.K. Mikrobiologische on-site-Sanierung eines ehemaligen Gaswerksgeländes, dargestellt am Beispiel Blackburn/England. In: Abfallwirtschaft, Forschung, Praxis; Berlin: Bd.22; S.229-255, 1988.

BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe/Gesellschaft deutscher Chemiker): Umweltrelevante Alte Stoffe - Auswahlkriterien und Stoffliste.: Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft; 1986.

BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe/Gesellschaft deutscher Chemiker): Umweltrelevante Alte Stoffe - Auswahlkriterien und 2.Stoffliste.: Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft; 1988.

Dorstewitz U. Methodik eines Handlungsmodells zur Abschätzung und Abwehr der Gefahren aus den Altlasten einer Region. - In: Stadtverband Saarbrücken (Hrsg.): Bodenschutz - Altlasten S.10; 1989.

DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.); Eignung von Oberflächewasser als Rohstoff für die Trinkwasserversorgung, Arbeitsblatt W 151, Frankfurt: ZfGM - Verl., 1975.

EG-Richtlinie 76/160 EWG über die Qualität der Bodengewässer.

EG-Richtlinie 76/464 EWG betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft.

EG-Richtlinie 78/659 EWG über die Qualität von Süßwasser, das um das Leben von Fischen zu erhalten.

EG-Richtlinie 80/68 EWG über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch gefährliche Stoffe.

EG-Richtlinie 80/778 EWG über die Qualität des Wasser für den menschlichen Gebrauch.

Ehrig H.J. Sickerwasserentstehung in Altlasten und ihre Problematik. In: Franzius V. et al. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung. Heidelberg: R.v.Decker's Verl.G.Schenk. Bonn: Economica Verl.; 1988.

Enseling A., Krings W. Verfestigung kontaminierter Böden und Ablagerung auf der Deponie. In: Thome-Kozmiensky K.J. (Hrsg.): «Altlasten 2», Berlin: EF-Verl. für Energie und Umwelttechnik, S.1063-1071, 1988.

EPA (U.S.Environmental Protection Agency). Hazard Ranking System (HRS) for Uncontrolled Hazardous Substance Releases; Appendix A of the National Oil and Hazardous Substances Contingency Plan; Proposed Rule; Federal Register, Vol 53, № 247; Dezember 23, 1988.

Ewers U., Brockhaus A. Die biologische Überwachung der Schadstoffbelastung des Menschen und ihre Bedeutung bei der Beurteilung toxikologischer Einflüsse. Öffentliches Gesundheitswesen 49(12), 639-647; 1987.

Fabricius E.W. Möglichkeiten der Behandlung CKW-kontaminierter Grundwassers und Erdreiches. In: Thome-Kozmiensky K.J. «Altlasten 2», Berlin: EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik, S.1063-1071, 1988.

Feld R., Kaul J., Kimbal S., Koennecker R., Sandness G., Stammler M. Sondierung von kontaminierten Standorten. Bonn: Bundesministerium für Forschung und Technologische Forschung und Entwicklung, T 84 - 069; 1984.

Filip Z. (Schriftenreihe des Vereins für Wasser-Boden-, Luftthygiene). Biotechnologische In-Situ-Sanierung kontaminierter Standorte. Internationales Fachgespräch in Langen, 11./12. Mai 1987; Stuttgart; Fischer - Verl.; 1987.

Förstner U. Demobilisierung von Schwermetallen in Schlämmen und festen Abfallstoffen. In: Hösel G. et al. (Hrsg.): Müll-Handbuch; Berlin: E. Schmidt; Bd.3, Kap.4515, 9 S.; 1987.

Franzius V. Vorgehensweise beim Superfund mit einem Ausblick auf das neue Hazard Ranking System. In: Kompa R., Fehla K.-P. (Hrsg.): Altlasten '89-Flächenreaktivierung, Sanierungsziele, Arbeitsschutz, Sanierungsmanagement; Köln, Verl.TÜV-Rheinland; S. 167-177; 1989.

Hampel H.J., Fritzpatrick V.F. Insitu-Verglasung - eine neu entwickelte Schmelztechnologie zur thermischen Sanierung von kontaminierten Böden. In: Wolf K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung'88; 2. TNO/BMFT - Kon. über Altlastensanierung; Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd.1, S.871-873; 1988.

Hecht R. Hamburger Bewertungsverfahren zur Abschätzung des Gefährdungspotentials für das Grundwasser. In: Sanierung von Altlasten, Deponien und anderen kontaminierten Standorten: Erfahrungen und Problemstellungen; Rehburg-Loccum: Evangelische Academic Loccum; Loccumer Protokolle 3/86; S.34-64; 1987.

HLfU (Hessische Landesanstalt für Umwelt). Handbuch Altablagerungen; Teil (2): «Orientierende Untersuchungen»; Wiesbaden; 1987.

Höfer U. Bautechnischen Anwendung zur schadlosen Einbindung Kokereispezifischer Altlasten nach einem Verfestigungsverfahren nach «Heide-Werner» und erste Erfahrungen hinsichtlich des Eluierungsverhaltens. In: Wolf, K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung'88; 2. TNO/BMFT - Kon. über Altlastensanierung; Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd.1, S.977-986; 1988.

Höding B. Hydrogeologie: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 3. Aufl.; Stuttgart, Enke-Verlag; 1989.

Holzwarth W. Erfahrungen bei der Sanierung von CKW-Schadensfällen. In: Wolf, K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung '88; 2. TNO/BMFT - Kon. über Altlastensanierung; Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd.1, S.955-957; 1988.

IWS/TGU (Institut für wassergefährdende Stoffe an der Techn. Universität Berlin/Technologieberatung Grundwasser und Umwelt GmbH, Koblenz). Bewertung von Altablagerungen in Hessen; Teil (1): Bewertungsmodell; Teil (2): Grundlagen für die Modellentwicklung; Teil (3): Altlastdossiers der Teststandorte; Gutachten im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt und Reaktorsicherheit, Wiesbaden; 1988.

Jessberger H.L. Verfahren zur Herstellung von Einkapselungen. In: Jessberger H.L. (Hrsg.) Seminar über Altlasten und kontaminierte Standorte-Erkundung und Sanierung; Bochum: Ruhr-Universität; 1985.

Jungwirth D. Bautechniken schützen Boden und Grundwasser. Umwelt (VDI) 19 (5), S. D. 31-36; 1989.

Kerndorff H., Milde G., Schleyer R., Friesel P., Kaiser U. Grundwasserkontaminationen durch Altlasten: Erfassung und Möglichkeiten der standardisierten Bewertung. In: Wolf, K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung '88; 2. TNO/BMFT - Kon. über Altlastensanierung; Dortrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd.(1), 1988.

Khorasani R., Wienberg R., Förstner U. Verfestigung, Stabilisierung und Einbindung organischer Schadstoffe aus Deponien unter besonderer Berücksichtigung anorganischer und organischer Füllstoffe und Bindemittel. In: Wolf K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung '88; 2. TNO/BMFT - Kon. über Altlastensanierung; Dortrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd. 1, S.987-996; 1988.

Krischock A. AGAPE-Ein Modell zur Abschätzung des Gefährdungspotentials Altlastenverdächtiger Flächen. In: Brandt, E. (Hrsg.): Altlastenuntersuchung, Sanierung, Finanzierung; Verlag Blottner, S. 51-57; 1988.

LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall/Arbeitsgruppe 'Altablagerungen und Altlasten'). Erfassung von Altablagerungen und Altlasten. Informationsschrift. -Entwurf, Stand 27. Februar 1989.

Langguth H., Voigt R. Hydrogeologische Methoden. Berlin: Springer-Verlag, 1980.

LöLF (Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung). Mindestuntersuchungsprogramm Kulturboden zur Gefährdungsabschätzungen von Altablagerungen und Altstandorten im Hinblick auf eine landwirtschaftliche oder gärtnerische Nutzung. Recklinghausen, 1988.

Lühr H.B., Zipfel K. Beispielhafter Einsatz für ein Bewertungsmodell. In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz, Berlin (Hrsg.): Sanierung-kontaminierter Standorte 1989. - Seminarhandbuch, S.65.

LWA (Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein - Westfalen): Weitergehende Anforderungen an Abwassereinleitungen in Fließgewässer; Entscheidungshilfe für die Wasserbehörden in Wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren. Anlage 3: Güteanforderungen an «Beregnungswasser für Freilandkulturen»; Düsseldorf: LWA, Wasserwirtschaft Nordrhein-Westfalen; 1984.

LWA (Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein - Westfalen) (Hrsg.). Leitfaden zur Grundwasseruntersuchung bei Altablagerungen und Altstandorten. Düsseldorf, LWA- Materialien 7/1989.

Mathess G., Ubell K. Allgemeine Hydrologie und Grundwasserhaushalt. Lehrbuch der Hydrologie, Bd.1; Berlin: Borntraeger; 1983.

Melchior S., Miehlich G. Untersuchungen zum Wasserhaushalt mehrschichtiger Oberflächendichtsysteme auf der Deponie Georgswerder. Hamburg. In: Wolf K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung '88; TNO/BMFT - Kon. über Altlastensanierung; Dortrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd. 1, S.673-675; 1988.

MELF NW (Der Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen). Hinweise zur Ermittlung von Altlasten-Erfassung, Erstbewertung, Untersuchung und Beurteilung von Altablagerungen und gefahrverdächtigen Altstandorten. Düsseldorf, 1985.

MELF NW (Der Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen). Zwischenbericht über die Ergebnisse der bisherigen Ermittlungen und Planungen des Altablagerungsprogramms. Kiel, 1987.

MELUF BW (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg). Leitfaden für die Beurteilung und Behandlung von Grundwasserverunreinigungen durch leicht flüchtige Chlorkohlenwasserstoffe. 2.Aufl., Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz.-Wasserwirtschaftsverwaltung, H.13; 1985.

Moen J.E.T. Bodenschutz in den Niederlanden. In: Wolf K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung '88; 2 TNO/BMFT - Kon. über Altlastensanierung; Dortrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd. 2, S.1533-1539; 1988.

MURL NW (Der Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen). Hinweise zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten: Darstellung und Bewertung von Sanierungsverfahren. 2. Aufl. Düsseldorf: MURL NW, Loseblattsammlung, Oktober, 1987.

Nabert K., Schön G. Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe. Braunschweig: Deutscher Eich Verlag; 1980.

NATO/CCMS (North Atlantic Treaty Organization - Committee on the Challenges of modern Society). International Toxicity Equivalent Factor (I-TEF) - Method of risk assesment for complex mixtures of Dioxins and related compounds. NATO/CCMS Report Number 176; 1988.

Neumaier H. Altlasten, eine nicht zu unterschätzende Aufgabe der Gegenwart. Metall 43 (9); S.878-881; 1989.

Niclauss M.R., Winkelstruter J., Hunting K.E., Harges A. Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Geländen mit ehemaliger Nutzung aus dem Dienstleistungsbereich. Berlin. UBA Forschungsbericht 1070 3007/0, 1989.

Richter B., Krämer D., Schrameck E.R. Gefährdungsabschätzung bei ehemaligen Kokereistandorten. Müll und Abfall 20 (7), 302-307; 1988.

Schüssler H. Erfassung von Altlasten im Saarland und die Bewertung ihres Gefährdungspotentials. In: Bundesministerium für Forschung und Technologie; Umweltbundesamt (Hrsg.): Sanierung kontaminierter Standorte: Dokumentation einer Fachtagung; Bonn, Berlin; S.173-188; 1985.

Simons K., Bartels-Langweige J., Hirschberger H. Auskoffnung kontaminierter Feststoffe. Überblick. In: Franzius V. et al. (Hrsg.) «Handbuch der Altlasten-Sanierung», Heidelberg: R.v.Deckersverlag, Schenk; Bonn: Economica-Verl., Grundwerk, Kap. 5.1.1.0., S.1-12; 1988.

SRU (Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen). Umweltgutachten 1987. Stuttgart: Kohlhammer (erschienen 1988).

SRU (Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen) «Altlasten» Sondergutachten, Dez. 1989; Metzler-Poeschel Stuttgart.

Stief K. Einkapselung von Altlasten. In: Kompa, R. Fehlau, K.P. (Hrsg.): «Altlasten und kontaminierte Standorte»; Köln: Verl. TÜV-Rheinland; S.45-63; 1988.

Thome-Kozmiensky K.J. «Altlasten I»; Berlin: EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik; 1987.

Trinkwasserverordnung. Leitfaden zur Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe; (Trinkwasserverordnung-TrinkwV), v. 5. Dez. 1990, BGBl. I, S.2612; Text und amtliche Erläuterung die Praxis; bearbeitet von P.Dilly, M.Welsch; 2.Aufl.; Stand: Juni '91; Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges., 1992; 148 S.

UM BW (Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.). Altlasten-Handbuch; Teil (1); Altlastenbewertung 2. Aufl.; Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz; Wasserwirtschaftsverwaltung, H. 18; 1988.

UM BW (Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.). Altlasten-Handbuch; Teil (2); Untersuchungsgrundlage 2. Aufl.;

Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz; Wasserwirtschaftsverwaltung, H. 19; 1988.

UMK (Umweltministerkonferenz). Stoffliste der Bund-Länderarbeitsgruppe Bodenschutz. 28. Umweltministerkonferenz 07./08. Mai 1987.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure). Maximale Immissionskonzentrationen (MIK), Organischer Verbindungen. VDI-Richtlinien 2306; Düsseldorf: VDI-Verl.; 1966.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure). Maximale Immissionswerte; VDI-Richtlinien 2310; Düsseldorf: VDI-Verl.; 1974.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure). Maximale Immissionswerte zum Schutze der Menschen, Maximale Immissions-Konzentration für Schwefeldioxid. Richtlinien 2310, Blatt 11. Düsseldorf, VDI-Verl., 1985.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure). Maximale Immissionswerte zum Schutze der Menschen, Maximale Immissions-Konzentration für Stickstoffdioxid. Richtlinien 2310, Blatt 12. Düsseldorf, VDI-Verl., 1985.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure). Maximale Immissionswerte zum Schutze der Menschen, Maximale Immissions-Konzentration für Ozon (und Photochemische Oxidantien). Richtlinien 2310, Blatt 11. Düsseldorf, VDI-Verl., 1987.

VROM NL (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Nederlande). Leidraad Bodensanering, Deel 2, Technisch-Inhoudelijk Deel 2, Aufl.4, Gravenhage: Sdu uitgeverij; (auch in deutscher Übersetzung im Auftrag des BMU, 1989): «Leitfaden Bodensanierung», Teil 2, Bonn, BMU.

WHO (World Health Organisation). Evaluation of Certain Food Additives and the Contaminants Mercury, Lead and Cadmium. 16th Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, WHO, Technical Report Series 505, 1972.

WHO (World Health Organisation). Evaluation of Certain Food Additives and the Contaminants. 27th Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, WHO, Technical Report Series 696, 1983.

WHO (World Health Organisation). Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and the Contaminants. 30th Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Cambridge University Press., 1987.

Wichert H.W. Erfahrung aus der Altlasten. Beratungs-Vermittlung von Industrie und Gewerbe. In: Keune, H. Fouquet G.

(Hrsg.): Altlasten: Altdeponien-kontaminierte Standorte. Ehningen: expert-Verl. - Kontakt und Studium; Bd.269, S.94-106; 1989.

Wiedemann H.U. Verfahren zur Verfestigung von Sonderabfällen und Stabilisierung von verunreinigten Böden. Stand der Erkenntnisse und Anwendungsmöglichkeiten. Berlin: E.Schmitt; UBA-Berichte 1/82; 148 S.

Wiles C.C., Barth E., De Percin P. Der Stand der Verfestigung und Stabilisierung in den Vereinigten Staaten und die Faktoren, welche die Benutzung dieses Verfahrens beeinflussen. In: Wolf K. et al (Hrsg.): Altlastensanierung '88; TNO/ BMFT - Kon. über Altlastensanierung. Dortrecht: Kluwer Academic Publishers, Bd. 1, S.967-975; 1988.

Wolff H.J. Innerbetriebliche Zusammenhänge bei der Sprengstoffherstellung und -verarbeitung am Beispiel der ehemaling größten TNT-Fabrik in Stadt Alledorf/Hessen. In: Der Niedersächsische Umweltminister. Expertengespräch Rüstungsalblasten 26./26. April 1986 in Hannover. Hannover, Niedersächsisches Umweltministerium, 1989.

РАЗДЕЛ III НАЗЕМНЫЕ СВАЛКИ

ГЛАВА 8 | ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Введение

В 1992 году промышленными предприятиями ФРГ произведено около 400 млн. тонн отходов, из которых 240 млн. тонн приходится на долю строительного мусора и грунта, извлеченного при земляных работах. К промышленным относятся также отходы металлургических заводов (среди них формовочные пески, пыль), растворители, шламы металлообрабатывающих предприятий, шлаки, зола и др.

Современный уровень повторного использования промышленных отходов для высокоразвитых стран составляет 60-65%. Утилизации главным образом подвергаются термопластовые отходы, сероводородные вещества, продукты выщелачивания сульфидов, отработанные масла, жировые шламы, содержащая тяжелые металлы пыль, зола, отходы промышленности строительных материалов, шлаки сталелитейного производства, марганцесодержащие шламы, шламы с содержанием тяжелых металлов, строительный мусор, грунты.

С учетом последующей переработки отдельно складировается около 40 видов отходов, общая масса которых в восточных землях Германии составляет примерно 16 млн. тн в год. Раздельные способы сбора и складирования отходов повышают степень их использования.

Проблематично устранение специфических отходов высокой потенциальной опасности окружающей среды - РСВ - содержащие отходы, средства защиты растений, фтористые углеводороды, средства по борьбе с вредителями (пестициды и т.п.), медикаменты, химикалии. Обеспечение необходимых требований безопасности возможно лишь при размещении подобных отходов на производственных промежуточных складах или на специальных свалках.

Масса твердых бытовых отходов (ТБО) для Восточной Германии составила в 1988 году 4 млн. тонн, из которых около 3 млн. тонн приходится на бытовой мусор, при этом выход бытового мусора составил 180 кг на одного жителя. В странах ЕС и в США этот показатель значительно выше - соответственно 350кг/чел и 600кг/чел. Низкий уровень выхода бытового мусора в Восточной Германии

определялся высокой степенью освоения традиционного вторичного сырья и пищевых отходов в количестве около 130 кг/чел. Тенденции последнего времени позволяют ожидать рост бытовых отходов до 400 кг/чел.

В современной Германии количество бытовых отходов (БО) оценивается в 28 млн. тн/год и их общее количество совместно с промышленными отходами должно составить около 400 млн. тн/год. Масса бытового мусора и крупногабаритных отходов достигла 40 млн. тонн.

В Германии действуют 5000 свалок промышленных отходов, в том числе 900 для отходов, содержащих токсичные и вредные вещества, 1200 оборудованных и контролируемых и около 10000 нелегальных («диких») свалок бытового мусора. Бытовой мусор и содержащие вредные вещества отходы часто складываются совместно.

Технический и технологический уровень этих свалок довольно часто был весьма невысоким (например, отсутствовала изоляция оснований). В Восточной Германии лишь для 108 объектов были проведены экспертизы и имелись заключения о гидрогеологических условиях, примерно на 70 объектах можно было контролировать состояние подземных вод. Ежегодно на установках для сжигания, обеззараживания и дегазации подвергалось термической, химико-физической и микробиологической обработке около 100 тыс. тн токсичных и содержащих вредные вещества отходов. Однако эти установки не удовлетворяют современным требованиям (исключение составляет установка по сжиганию мусора Шенайхе/Берлин-Ост) и в ближайшее время будут закрыты: например, установки по сжиганию отходов, работавшие в низкотемпературном режиме (800°C), не имеют устройств по дымоочистке и переработке отходов.

ФРГ ныне приходится удалять около 40 млн. тонн бытового и подобного ему мусора различных предприятий, 250 млн. тонн строительного мусора и примерно 50 млн. тонн коммунальных осветленных шламов. К этому добавляется еще 50 млн. тонн промышленных отходов.

В Восточной Германии эксплуатируются около 400 объектов, на которых складываются, преимущественно, золошлаки ТЭЦ, отходы химических заводов, осветленные шламы промышленных очистных сооружений и др.; в материалах этих хранилищ обычно встречаются вредные вещества. Отсутствие конструкций по изоляции химически активных фильтрационных вод неоднократно приводило к загрязнению подземных вод в окрестности подобных хранилищ промышленных отходов.

Промышленные отходы складировются также в специальные отвалы, причем наибольшей «известностью» пользуются солеотвалы калийного производства. Как известно, солесотходы существенно влияют на состав подземных и поверхностных вод за счет инфильтрации жидкой фазы из отходов и реагентов флотации. Ситуация осложняется значительными размерами сооружений - высота примерно 120 м, угол откосов около 40° , площадь 1 кв.км. Очистка солеотвалов является чрезвычайно сложной с технической и экономической позиций. Значительную опасность для окружающей среды представляют отвалы отходов производства и в других горнопромышленных отраслях. Общим недостатком подобных объектов является отсутствие эффективных мер по защите подземных вод от загрязнения.

Решение проблемы устранения отходов возможно при соблюдении принципов:

1. Внедрение без- и малоотходных технологий в добывающей и перерабатывающей отраслях промышленности, способствующее общему снижению количества отходов, а также законодательно оформленное ограничение на использование отдельных видов сырья (например, упаковочного материала), что способствует общему снижению количества отходов.

2. Максимально возможное вторичное использование отходов: на предприятии - источнике отходов необходимо осуществлять переработку и повторное использование отходов до их размещения в хранилищах. Отходы, непригодные для переработки в настоящее время, следует складировать отдельно, что обеспечивает возможность их последующего использования. Селективный сбор и складирование отходов в наибольшей степени гарантируют успех их последующей крупномасштабной переработки.

3. С целью уменьшения потенциальной опасности не утилизируемые отходы перед складированием на свалке должны подвергаться воздействию при помощи термических, физико-химических и биологических методов. Предварительная обработка отходов позволяет значительно ограничить мобильность вредных веществ и существенно уменьшить объем отходов.

4. Складирование промышленных отходов целесообразно осуществлять в виде «моносвалки», формируя техногенный массив отдельными слоями, что обеспечит возможность повторного использования складировемого материала и необходимую безопасность.

Схема устранения отходов, разработанная с использованием перечисленных принципов, представлена на рис. III.1.

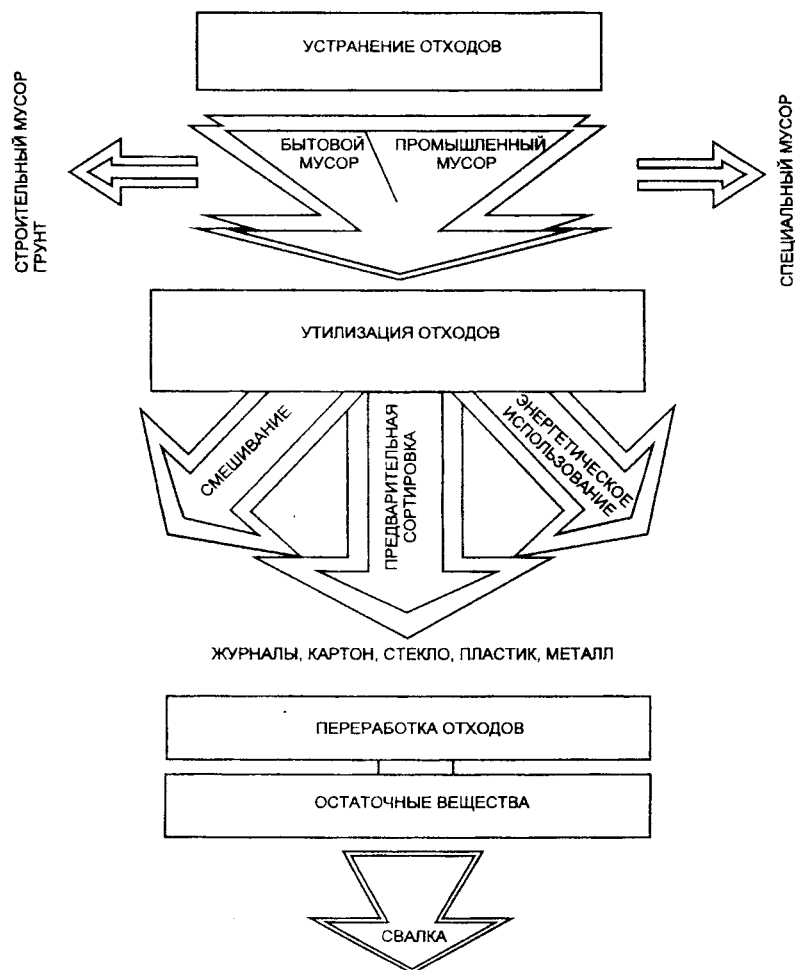


Рис. III.1 Принципиальная схема устранения отходов

Большое внимание уделяют в Германии правовым аспектам ведения отвального хозяйства. Перечень действующих в стране основных законодательных актов по этой проблеме приведен в приложении 2.

2. Основные направления складирования и переработки отходов

Перспективы развития общества свидетельствуют, что имеющиеся к настоящему времени производственные мощности по устраниению различных видов отходов недостаточны, определяя тем самым актуальность внедрения безотходных технологий.

Согласно современным требованиям сжигание мусора и размещение его на свалках не может рассматриваться как заключительный этап функционирования отвального хозяйства.

Проект каждой свалки основывается на концепции устранения отходов для соответствующей территории (области) и следующих сведениях:

- удельный выход отходов (количественная и качественная характеристики);
- мероприятия по предотвращению, утилизации, переработке отходов;
- количественная и качественная характеристики отходов, размещаемых валовым способом в смешанных свалках, укладываемых отдельно или в свалках остаточных веществ.

При планировании отвального хозяйства промышленные предприятия также обязаны предусматривать технологические решения, обеспечивающие минимизацию объемов складированных материалов, ориентировать на максимальные объемы вторичной переработки отходов.

На местах складирования отходов, где основания достаточно надежны, создаются центральные крупные свалки, представляющие потенциальную опасность для окружающей среды, подземных вод и здоровья людей. Люди практически беззащитны перед авариями на крупных свалках.

Последующий доступ к уложенному материалу при обычной современной схеме складирования отходов практически невозможен.

Объем используемых отходов (около 16 %) незначителен, при этом большая часть отходов пока недоступна для извлечения, часть объемов складирована неудовлетворительно, в результате чего создаются будущие техногенные нагрузки («старые нагрузки»).

Так как расстояние между местами образования и устранения отходов должно быть незначительным, в качестве основной идеи децентрализованного складирования рассматривается промежуточный склад как своеобразное сырьевое месторождение, подлежащее последующей утилизации.

Законодательные акты должны предусматривать такую организацию уменьшения (предотвращения) и переработки отходов, при которой в эксплуатации остаются лишь немногие свалки.

Дефицит мощностей по ликвидации отходов в будущем приведет к тому, что выпуск продукции будет ограничиваться соответствующим отвалным хозяйством, а отходы рассматриваться как полезная часть выпускаемой продукции в виде сырья. Утилизация всех возможных материалов должна сопоставляться с вариантами устранения отходов. Таким образом, утилизация и устранение должны восприниматься как кругооборот материалов, создаваемый в значительной мере промышленным хозяйством (рис. III.2)

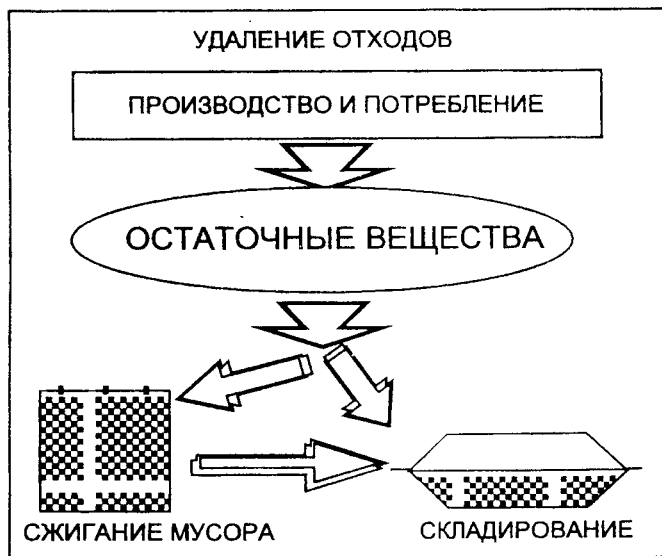


Рис. III.2 Общая схема утилизации и устранения отходов

В настоящее время промышленно развитое общество уделяет много внимания проблеме отходов. Однако полный кругооборот материалов без возникновения отходов не представляется возможным еще в течение длительного времени. Одной из причин этого является отсутствие мощностей по вторичной переработке отходов.

Если учесть, что примерно 10 % мусора является действительно ценным сырьем, рассматривать отходы как источник сырья можно лишь в будущем. Необходимость повторной переработки определяет создание промежуточных складов («месторождений») в комплексе с утилизационными установками.

После переработки «новые сырьевые материалы» могут включаться в производственный процесс. Отходы, не пригодные для переработки в ближайшее время размещаются на долговременных промежуточных складах. Независимо от геологических условий, оборудование для переработки можно размещать в различных местах и на ограниченных площадях, при этом воздействие фильтрационных вод на окружающую среду существенно снижается.

При выборе мест расположения установок по ликвидации отходов следует также рассматривать возможность использования для этой цели территорий свалок. Положительный эффект от использования нарушенных ранее территории следует сопоставлять с возможным ущербом от размещения оборудования по переработке отходов на новой территории.

При использовании старых техногенных массивов необходимо учитывать следующее:

- создание поверхностного экрана обеспечивает защиту территории благодаря чему сокращается или исключается поступление поверхностных вод;
- территория уже нарушена, что исключает дальнейшее ее использование;
- места расположения установок по переработке отходов часто прилегают к промышленным зонам, что вызывает негативную реакцию населения близлежащих новостроек.

Преимущества децентрализованного отвального хозяйства с кругооборотом материалов выражаются в том, что каждая община и многие граждане ответственны за устранение отходов; восприятие населением утилизационных установок улучшается, поскольку они предназначены для производства сырья; создание «месторождений» вблизи промышленных объектов исключает дополнительные нагрузки на окружающую среду и транспортные расходы, а также

позволяет улучшить контроль за типами отходов. Утилизация отходов по значимости приравнивается к производственной сфере или к обогащательным предприятиям.

Складированию на крупных свалках противопоставляется концепция вторичной переработки, что возможно лишь в случае раздельного складирования и наличия децентрализованных промежуточных свалок с возможностью дальнейшего обогащения и переработки.

Для решения вопроса о размещении подобных предприятий в ФРГ существует целый ряд моделей, которые предполагают реализацию проектов муниципалитетами или нанятыми ими подрядчиками, городскими или земельными округами, а также производственными объединениями крупных регионов (модель Земли Северный Рейн-Вестфалия).

В выборе оптимального варианта необходимо единогласие, изменения могут вноситься лишь в случае крайней необходимости.

Реализация широкомасштабной программы переработки отходов с их последующим уничтожением и утилизацией требует гибкости властей и их готовности к поиску новых возможностей.

Проектированию необходимых свалок (промежуточных и постоянных) должна предшествовать детальная разработка концепции утилизации отходов с учетом следующих моментов:

- общая стратегия уничтожения отходов;
- масштабы, качество и выход отходов за определенный интервал времени;
- стратегия утилизации отходов (переработка, компостирование, сжигание и пр.);
- масштабы, качество и выход за определенный интервал времени остаточных продуктов;
- селективные сбор и складирование;
- предложения по созданию временных и постоянных свалок остаточных продуктов;
- общая экологическая концепция проводимых мероприятий (транспортные нагрузки и загрязнение воздуха, расположение временных и постоянных свалок, установок по переработке, защита грунтовых и поверхностных вод и т.д.);
- организационные формы процесса утилизации;
- экономические аспекты.

Экологический тест

С целью изучения всех аспектов загрязнения окружающей среды создаваемыми объектами выполняют экологический тест, по результатам которого объекты разделяют на категории: совместимые, ограниченно совместимые, условно совместимые и несовместимые с окружающей средой.

Тестирование проводится в две стадии. В ходе предварительного теста выполняют контрольные анализы, для оценки которых привлекают нормативные документы, перспективные планы освоения территории, а также учитывают характер воздействия вредных веществ, сточных вод и отходов на защищаемые объекты. Объектами изучения являются живая и неживая природа (люди, фауна, почва, вода, воздух, климат, ландшафт и их возможные изменения), культурные и иные материальные ценности.

При анализе принимают во внимание прямое и опосредованное (косвенное) воздействие техногенной среды. Если предварительный тест не выявил существенного негативного воздействия на объекты экологической защиты, следует проводить основной экологический тест для детальной проверки воздействия на окружающую среду и установления необходимости защитных мероприятий.

Для проведения теста необходимо:

- систематизированное определение целей защиты объектов для каждого типа воздействия (таблицы);
- разработка рекомендаций по видам анализов, а также последовательность их проведения;
- привлечение экспертов по отдельным объектам экологической защиты;
- проведение экологического теста независимыми экспертами посредством обследования, прогнозирования, определения природоохранных мероприятий и оценки их воздействия;
- подведение итогов на основании полученных результатов (возможно, в рамках общего совета);
- составление общего отчета координатором;
- согласование общего отчета с экспертами;
- представление отчета с возможными рекомендациями для доработки.

Подобный подход обеспечивает получение надежной информации о состоянии объектов и их влиянии на окружающую среду. Изображенная на рис. III.3 схема дает представление о распространении путей загрязнения окружающей среды наземными свалками. Из схемы видно, что выбор места для размещения свалок имеет чрезвычайно важное значение, так как этот этап подготовки свалки тесно связан с методом экологической экспертизы.

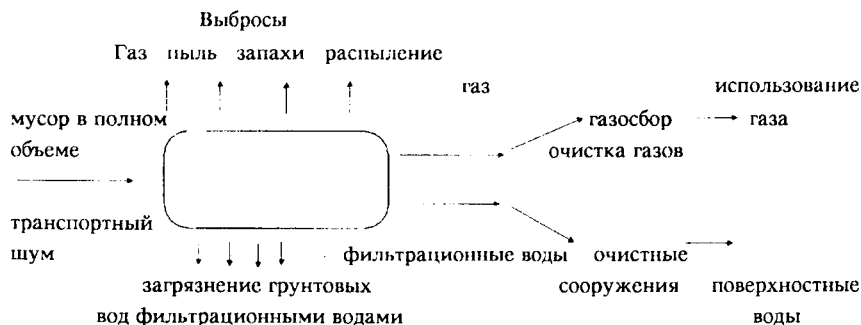


Рис. III.3 Распространение путей загрязнения окружающей среды наземными свалками

Предварительный выбор может осуществляться на основе негативных критериев, отражающих наличие:

- забора питьевой воды и целебных источников, санитарных зон;
- карста;
- пойменных территорий;
- территорий застройки (например, строительство плотин, защитных противопаводковых сооружений, военных и промышленных объектов);
- охранных зон вокруг населенных пунктов (300–500 м), отдельно стоящие строения рассматриваются особо;
- огражденных территорий, например, на аэродромах;
- природоохранных зон, биотопов, сельскохозяйственных угодий, лесов;
- охраняемых памятников культуры;
- близко расположенных к поверхности месторождений;

- зон специального растенисводства (например, винограда, овощей и т.д.);
- подземных выработок.

Эти категории обязательно должны быть учтены при классификации отходов и типов свалок. Промежуточные свалки грунтов из выемок или строительного мусора минерального происхождения условно могут быть причислены к негативным критериям.

Источником информации для предварительного выбора служат топографические, обзорные геологические, гидрогеологические и почвенные карты и планы, карты водных ресурсов и целебных источников, деформаций земной поверхности и старых горных выработок, карты лесонасаждений, планы развития территорий и использования площадей.

При использовании позитивных критериев вопрос о потенциальном месте расположения свалки решается на основе геологических, гидрогеологических, геотехнических, инженерно-геологических, тектонических (трещиноватость) и геохимических характеристик. Необходимые исходные данные могут быть получены из геологических карт, а также при обследовании обнажений горных пород.

При выборе места расположения свалок следует учитывать его альтернативные варианты. Необходимо также проводить четкую границу между научной экспертизой и деловым подходом с одной стороны, и эмоционально-политическими оценками, с другой, путем взвешенного рассмотрения отдельных критериев. Впоследствии, с учетом типа свалки формируются главные и второстепенные критерии. Долевое участие главных критериев оценивается следующим образом:

Оценка в процессе проведения точного анализа

<i>Природа/ ландшафт</i>	<i>25%</i>
<i>Землеустройство</i>	<i>13%</i>
<i>Выброс/ метеорология</i>	<i>11%</i>
<i>Водные ресурсы</i>	<i>25%</i>
<i>Территориальные возможности</i>	<i>8%</i>
<i>Состояние техники</i>	<i>8%</i>
<i>Общая безопасность</i>	<i>10%</i>

Согласно «Директивам Совета ЕС об экологической экспертизе» от 27.06.1986 и параграфа 7 закона ФРГ о предотвращении и ликвидации отходов от 27.08.1986 при планировании свалок обязательно проведение экологической экспертизы.

Важнейшим элементом экологического теста является определение известных путей распространения загрязнения и подвергающихся его воздействию сред, а также восприимчивость и загрязняемость таких экологических систем, как грунтовые и поверхностные воды, население, флора и фауна.

Содержание экологической экспертизы

1. Описание проекта, например, свалки, в целом, включая подготовку основания сооружения.

2. Описание важнейших этапов производственного процесса (например, укладка отходов).

3. Тип и масштабы излучения/проникновения загрязнения.

Поверхность - грунт - вода/шум/теплопередача

Воздух - газ/излучение

4. Дальнейшее описание возможного загрязнения окружающей среды для ее объектов:

- населения, фауны, флоры, климата, воздуха, воды;
- памятников архитектуры;
- сельского хозяйства.

5. Характеристика мероприятий по возможной ликвидации и уменьшению негативного воздействия.

6. Моделирование аварийных ситуаций с последующими мерами безопасности.

7. Данные о возможных осложнениях (технические недоработки/недостающие сведения).

8. Обобщение результатов анализа рассмотренных материалов (выводы).

Структурная схема экологической экспертизы приводится ниже (Рис. III.4).

Благодаря использованию широкомасштабного, последовательного подхода, базирующегося на оценке совместимости с окружающей средой, становится возможным выбор мест

расположения свалок, которые в наименьшей степени ущемляют интересы промышленности, органов власти и населения.



Рис. III.4 Экологическая экспертиза

Классификация свалок

По геоморфологическим признакам выделяются свалки в понижениях рельефа (с обвалованием и без него), равнинные (отвалы) и прислоненные к склонам (рис. III.5)

Свалки классифицируют по следующим критериям:

- срокам хранения отходов - постоянные и временные;

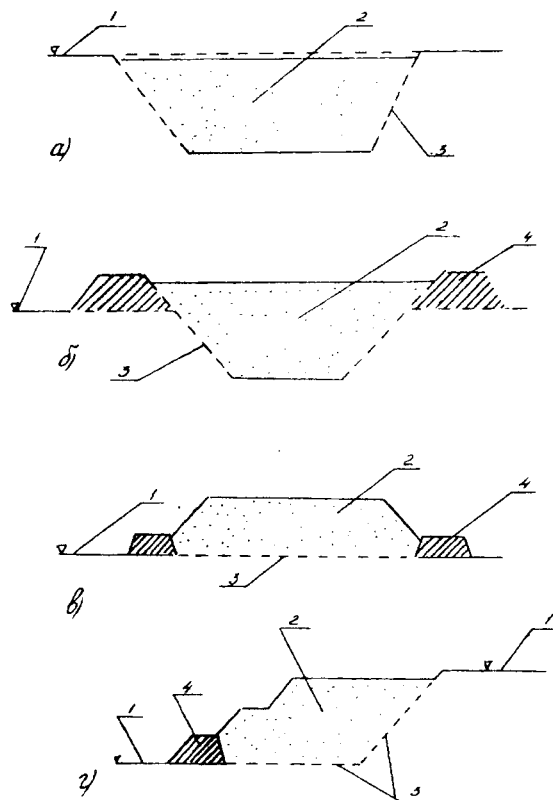


Рис. III.5 Классификация свалок

а - котлованный тип; б - овражный тип; в - равнинный (отвальный) тип; г - косогорный тип

1 - земная поверхность, 2 - отходы; 3 - экранирование ложа, 4 - ограждающая дамба

- типу отходов - свалки мусора и особых отходов (могут содержать ядовитые вещества);

- типу и предварительной обработке отходов - свалки инертных веществ, остаточных продуктов, специальных веществ или мусорные свалки;
- конструкции - насыпные, контейнерные и подземные;
- типу складирования - смешанные, «моносвалки» с раздельным складированием (предварительной сортировкой).

Классификация по типам отходов предусматривает выделение нескольких групп свалок.

К первой группе относятся твердые отходы (строительный мусор, металлургические шлаки, обломки дорожных покрытий и др.).

Вторую группу образуют породы и подобные материалы (грунт с содержанием нефтепродуктов до 2%, продукты сжигания, радиоактивный песок, грунт невысокой степени загрязнения, естественные фильтровые материалы).

К третьей группе относятся золы и пыль (золы всех типов, грунты с содержанием нефтепродуктов до 2-5%, продукты очистки газов, глинистые почвы, гипсовые отходы, пыль в упакованном виде).

Четвертую группу представляют шламы (очистные шламы, грунты с содержанием нефтепродуктов более 5%, соли и их соединения, шламы красок, гипса, гидроокисей, бурильные, абразивные и осадочные).

К пятой группе относятся прочие отходы (все виды упаковок, отходы, не относящиеся однозначно к перечисленным выше группам).

Шестую группу представляют отходы особого характера (ядовитые жидкости, шламы и породы, яды 1-го и 2-го классов).

Складируемые материалы

Основные виды свалок выделяют по типу складируемых отходов: свалки строительного мусора и породных масс; бытовых отходов; смешанные свалки (бытовой мусор в сочетании с вредными веществами); свалки вредных веществ и свалки особого характера.

На свалки попадают специфические материалы, классификация и возможность складирования которых зависят от ряда условий.

1. Грунт из выемок; грунты нельзя складировать на свалках бытового мусора, их целесообразно использовать в качестве обратной засыпки и прочих строительных работах. При наличии вредных ве-

ществ в зависимости от степени загрязнения и их типа рекомендуется складирование грунтов в специальных свалках для вредных веществ, а в лучшем случае предусматривать очистку грунтов. Очищенный материал следует вновь использовать при земляных работах.

2. Строительный мусор (обломки); без предварительной подготовки эти материалы не подлежат складированию на свалке. В настоящее время 60% отходов состоят из подобных материалов и эта тенденция нарастает. С целью дальнейшего использования в качестве наполнителя или оснований для мостовых, тротуаров и т.д. отходы должны быть переработаны. Деревянные перекрытия и балки можно использовать в измельченном виде как сырье для производства древесно-стружечных плит. Металлы и железобетонные конструкции подлежат дальнейшему использованию после разделения электромагнитным способом, а остаточные продукты, непригодные для последующего применения, складировются. Условием дальнейшего использования является незагрязненность (чистота) строительного мусора. Например, обломки объектов химической промышленности подвергаются тщательному анализу с целью определения возможностей и способов складирования или очистки; около 90% таких материалов подлежат дальнейшему использованию.

3. Золошлаки электростанций; такого рода продукты насыщены вымываемыми (выщелачиваемыми) веществами типа солей, металлов, серы и т.д., особенно продукты электростанций с десульфидирующими установками для дымового газа. Шлаки металлургической промышленности имеют такие же показатели. Согласно TA-Abfall эти вещества классифицируются как вредные, которые при складировании или дальнейшем использовании в качестве стройматериалов, наполнителей в производстве вяжущих материалов требуют особой обработки. Золы и шлаки MVA (установки для сжигания мусора) также требуют специального складирования, если они не были доведены до инертного состояния.

4. Бытовые отходы; к ним относят собственно бытовой мусор, отходы различных промыслов, крупногабаритный мусор, отходы синтетических продуктов, стекло, бумага, пищевые отходы, текстиль всех видов и т.д. С целью дальнейшего использования сбор таких, почти незагрязненных, продуктов должен производиться отдельно. Крупногабаритный мусор также перерабатывается, так что примерно 40-50% массы бытового мусора может быть вторично использовано. Первостепенное значение имеет тщательная сортировка и хранение этих материалов. Оставшиеся 50% бытового мусора подлежат складированию или сжиганию.

5. Шламы; к этой группе относятся очистные и нефтешламы, смеси солей, шламы красителей, бурения, осадочного происхождения, гипсовые, шлифовочные и т.п. Эти продукты чаще всего оказываются загрязненными вредными веществами и не подлежат складированию на свалках бытового мусора. В качестве примера можно назвать очистные шламы из бытовых установок для очистки сточных вод, которые сильно загрязнены тяжелыми металлами, что делает недопустимым их использование в сельском хозяйстве. Такие шламы либо подвергаются очистке и используются как удобрения, либо складировются после доведения до определенной кондиции.

Возможна также нейтрализация вредных веществ путем упрочнения шламов очистных сооружений и последующего их складирования. Такой же обработке и последующему складированию могут подвергаться и другие типы шламов.

Незагрязненные шламы можно складировать отдельно на «моносвалках» и в дальнейшем их утилизировать. Совместное складирование шламов и бытового мусора недопустимо.

При формировании шламовых «моносвалок» возникает проблема обеспечения устойчивости этих техногенных массивов, которая может быть решена благодаря применению специальной технологии укладки шламов. Для обеспечения безаварийной эксплуатации объекта сопротивление вращательному срезу уложенного материала должно, например, составлять $\tau_f = 0,25$ МПа.

6. Отходы особого характера: согласно специального каталога, имеется 400 типов таких отходов. Это вещества, которые входят в 1-ю и 2-ю группы списка ядовитых веществ и присутствуют в шламах, породах, строительном мусоре, а также могут складироваться в жидком состоянии в контейнерах на специальных свалках. При этом сохраняются предпосылки для дальнейшей обработки подобных свалок.

Складирование таких веществ предполагает их предварительную обработку (термическую, физико-химическую и т.д.).

Специальная свалка рассматривается как временная (промежуточная). Складированный материал подлежит последующей обработке для снижения загрязнения (например, путем нейтрализации) до определенного уровня. Радиоактивные отходы складировются в постоянных подземных могильниках.

Свалки специального характера в качестве временных хранилищ должны отвечать строгим требованиям безопасности,

включая транспорт, сортировку, технологию укладки, перехват фильтрационных вод, защиту прилегающих территорий на основе имеющихся технических средств.

Складирование ядов 2-ой группы на свалках вредных веществ требует их предварительной обработки, а именно, иммобилизации или нейтрализации этих веществ с целью их изоляции от окружающей среды. Лишь после этого возможна их укладка на наземных свалках для постоянного хранения.

Между свалками вредных веществ и специальными свалками имеется существенное различие, несмотря на то, что на них складываются отходы особого характера. Это различие проявляется в технологии укладки и обработки отходов.

К специальным свалкам ядовитых веществ предъявляются повышенные требования по обеспечению безопасности. Здесь используются контейнеры из прочного железобетона или битумного бетона, а также применяется технология уплотнения поверхности свалки с целью минимизации объемов фильтрационных вод. На таких свалках ведется постоянная работа по ликвидации вредных веществ.

1. Конструктивные принципы

Технические принципы сооружения свалок должны отвечать современным требованиям безопасного расположения в окружающей среде и учитывать следующие факторы:

- на подобных объектах продолжительность периода реактивности фильтрационных вод и газообразования составляет около 50 лет и полная изоляция свалки от окружающей среды возможна лишь по прошествии 100 лет (включая время эксплуатации и течения возможных реакций);
- развивающиеся на специальных свалках реакции имеют, в зависимости от типа отходов, более длительную, чем на свалках бытовых отходов продолжительность.

Полная изоляция на основе технических мероприятий всегда сопряжена с определенными сложностями. Поэтому в процессе проектирования свалки предпочтение отдается «принципу многочисленных барьеров», что дает возможность обеспечения максимальной защиты окружающей среды от наземных свалок.

Вопросы размещения

Выбор места расположения наземной свалки определяется следующими факторами: место объекта в региональном планировании; близость природоохранных зон, сельскохозяйственных площадей, особых биотопных территорий, зон отдыха; геологические и гидрогеологические условия; расположение водоохранных зон, водных ресурсов, жилых районов, наличие месторождений полезных ископаемых, объектов промышленного, транспортного и жилищного строительства; расположение объектов, подвергающихся опасности (больницы, дома отдыха, детские учреждения, спортивные площадки и т.д.); расположение памятников архитектуры; метеорологические условия; транспортная инфраструктура.

Геологические и гидрогеологические условия местности, являющиеся важнейшими характеристиками с точки зрения геотехники, лежат в основе общей концепции создания многочисленных барьеров.

Многобарьерный принцип

Существует единое мнение, что при складировании отходов следует придерживаться принципа создания многочисленных барьеров для предотвращения разрушения поля свалки под воздействием фильтрационных вод. Под барьерами понимают технические средства изоляции фильтрационных вод. При этом предполагается создание достаточно большого количества барьеров, которые подразделяются на три группы: собственно отходы; системы осушения и изоляции оснований; естественный материал (породы).

Все типы барьеров преследуют цель долговременной изоляции вредных веществ на свалке.

Первый тип барьеров препятствует широкому распространению фильтрационных вод. В табл. III.1 рассмотрено влияние различных факторов на формирование фильтрационных вод в массиве свалки.

ТАБЛИЦА III.1

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ОБРАЗОВАНИЕ В МАССИВЕ СВАЛКИ
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОД

Фактор	Воздействие	
	тенденция роста	тенденция спада
Осадки	сильная	слабая
Среднегодовая температура	слабая	сильная
Интенсивность излучения	слабая	сильная
Наклон поверхности	слабая	сильная
Проницаемость экранов	сильная	слабая
Растительность	незначительная	очень сильная
Изоляция отходов	незначительная	сильная
Орошение Обводнение	сильная	слабая
Дегазация	незначительная	сильная

Второй тип барьеров имеет целью воспрепятствовать проникновению осадков (фильтрационной воды) за счет изоляции оснований свалок и систем их осушения. Осадки попадают в водосборники и затем нейтрализуются.

Прежде всего нужно стремиться к тому, чтобы обеспечить минимальную величину гидравлического градиента гидрогеологического поля прилегающей территории и самой свалки. Выбор системы экранов определяется типом отходов и связанным с ним качеством фильтрационных вод.

Третья группа барьеров (геологических) несет на себе основную нагрузку, являясь последним звеном в обеспечении безопасности от складироваемых веществ. Если геологические барьеры не выполняют своей функции, общая концепция создания свалки на данной местности не вызывает доверия. Благоприятная ситуация складывается при наличии в основании комплекса пород, рассматриваемых в качестве естественных экранов.

Причиной загрязнения грунтовых вод может быть просачивание фильтрационных вод в основание свалки.

В табл. III.2 приведены сведения о расходе подземного потока при гидравлическом градиенте $l=0,002$ и площади потока $F = 600 \text{ м}^2$ ($20 \times 30 \text{ м}$).

Достаточными для образования барьеров качествами обладают лишь связные рыхлые породы и твердые породы с незначительной трещиноватостью, так как возможность загрязнения уменьшается благодаря низкой проницаемости.

Изолирующие свойства породы по отношению к вредным веществам определяются следующими факторами:

- состоянием и концентрацией каждого отдельного вредного вещества;
- физическими и химическими свойствами фильтрационных и проникающих грунтовых вод;
- активной поверхностью для глинистых минералов;
- эффективной пористостью пород;
- соотношением объемов фильтрационных и грунтовых вод;
- типом и последовательностью залегания пород.

Протекающие в барьерах изоляционные процессы сложны и многообразны.

ТАБЛИЦА III.2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Порода	Коэффициент фильтрации, К м/с	Расход, Q м ³ /год
Гравий	10 ⁻³ ...10 ⁰	3,8.10 ⁶ ...3,8.10 ⁹
Песок	10 ⁻⁵ ...10 ⁻²	3,8.10 ⁴ ...3,8.10 ⁷
Ил, песок	10 ⁻⁷ ...10 ⁻³	3,8.10 ² ...3,89.10 ⁶
Ил (пылеватый суглинок)	10 ⁻⁹ ...10 ⁻⁵	3,8.10...3,8.10 ⁴
Глина	10 ⁻¹² ...10 ⁻⁹	0,0038...3,8.10
Моренный суглинок	10 ⁻¹² ...10 ⁻⁶	0,0038...3,8.10 ³
Карбонатные породы	10 ⁻⁹ ...10 ⁻²	3,8...3,8.10 ⁷
Песчаник	10 ⁻¹⁰ ...10 ⁻⁶	0,38...3,8.10 ³
Аргиллит	10 ⁻¹² ...10 ⁻⁶	0,0038...3,8.10 ³
Сланцы	10 ⁻¹³ ...10 ⁻⁹	0,00038...3,8
Кристаллическая порода трещиноватая	10 ⁻⁶ ...10 ⁻²	3,8.10 ¹ ...3,8.10 ⁷
Слаботрещиноватая	10 ⁻¹⁴ ...10 ⁻¹⁰	0,000038...0,38

1. Неорганические вещества. Масса катионных металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Hg, Cr^{III}) уменьшается за счет абсорбции на активных поверхностях при возрастании водородного показателя, наличии свободных карбонатов, увеличении скорости обменных процессов, отрицательно заряженной поверхности минералов, имеющей большую площадь.

Абсорбция анионных металлов (As, Fe, Cr^{IV}) ускоряется при низком водородном показателе. Мобильность металлов возрастает благодаря наличию органических соединений. Агенты растворения такого типа снижают способность металлов к абсорбции. Абсорбционная способность металлов снижается также с увеличением скорости движения грунтовых вод.

Нитраты и хлориды. Эти анионы обладают высокой степенью мобильности и не подвержены действию механизмов ее снижения.

2. Вредные вещества органического происхождения. При попадании этих веществ в грунты могут происходить следующие процессы: быстрое и комплексное разложение-осаждение-коагуляция, перенос веществ грунтовыми водами (разбавление), постепенная

ное разложение до некоторого стационарного состояния, частичная абсорбция с тенденцией снижения ее темпов.

Таким образом, наблюдаются противоположные тенденции отдельных процессов. Природа динамики фильтрационных вод с наличием органических вредных веществ трудно поддается прогнозу (анализу).

В табл. III.3 делается попытка сравнить эффективность процессов, снижающих уровень опасного воздействия веществ, при попадании загрязненных грунтовых вод через тело типичной свалки в проницаемый и глинистый (связный) материал.

ТАБЛИЦА III.3

*ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГРУНТАХ
ОСНОВАНИЯ СВАЛКИ*

Процесс	Территория свалки	
	Основание	
	Песок	Глина/ил
Дисперсия (разложение) непосредственно зависит от однородности и скорости разделения. косвенно зависит от эффективной пористости	- +	+ -
Фильтрация Удержание частиц	-	+
Кислотно-щелочная реакция большинство веществ быстрее растворяются и стано- вятся мобильнее при низком водородном показате- ле (тяжелые металлы и органические кислоты)	-	+
Окисление/восстановление вредные вещества в ненасыщенных зонах часто окис- ляются или частично восстанавливаются	(+)	+
Осаждение/растворение карбонат, силикат, фосфат, сульфид, гидроксогруппы (ОН-) - благоприятно Разложение/окисление/способствуют снижению мо- бильности	- -	+ +
Сорбция/десорбция задержание катионов на поверхности глинистых ми- нералов ускорение сорбции металлов десорбция при разложении	- - -	+ + +

Можно отметить, что органические соединения поглощаются в меньшем объеме, чем неорганические. При наличии органических веществ процессы уменьшения вредного воздействия имеют преимущественно биохимическое происхождение, а также находятся под влиянием стимулирующих элементов (N, P, C, O) и таких параметров, как водородный показатель или температура. В насыщенных зонах происходит анаэробный распад органических веществ.

Для большинства вредных веществ органического происхождения при нормальном температурном режиме и давлении связные грунты, особенно глины, служат катализатором таких химических реакций, как окисление, восстановление или гидролиз, нейтрализация.

Итак, связные грунты (глина, суглинки) обладают наибольшей способностью поглощения, что проявляется в наименьшем выходе вредных веществ при низкой проницаемости и большом количестве задержанных вредных веществ на отрицательно заряженной поверхности глинистых частиц с большой общей поверхностью.

В водоносном слое (песок, галька) бактерии и вирусы могут способствовать уменьшению количества некоторых групп вредных веществ (органические соединения, азот). Карбонатные породы могут, например, нейтрализовать кислые фильтратные воды. Однако полная поглощение вредных веществ все-таки невозможна в связи с неспособностью минеральных поверхностей удерживать эти вещества из-за больших объемов грунтовых вод. Поэтому проницаемые породы не могут быть использованы в качестве геологических барьеров.

При общей оценке геологических барьеров следует остерегаться переоценки поглощательных свойств связных пород (анионные вредные вещества типа As, Se, Cr^{VI} очень сложно поддаются поглощению). Нельзя полностью полагаться на свойства веществ, следует уделять большее внимание техническим возможностям.

Эффективность геологических барьеров определяется их мощностью.

Строительство свалки можно осуществлять лишь в случае, если учитываются все возможные процессы в системе «тело свалки-основание». Это означает, что складирование может быть произведено только на той местности, где имеются естественные геологические барьеры.

При оценке проницаемости горных пород необходимо иметь в виду, что ни одно геологическое тело не может быть названо полностью «непроницаемым». Исследования последних лет относительно

гидравлических свойств связанных пород свидетельствуют, что внутри этих «относительно непроницаемых» пород неоднородность может вызывать достаточно высокую проницаемость.

Неоднородность горных пород различного вида определяет в существенной степени динамику подземных вод и условия перемещения в них вредных веществ. К числу таких неоднородностей относятся:

- водопроводящие породы ограниченной мощности (например, прослойки известняка) в мощной и сравнительно однородной водоупорной толще;
- залегающие в толще водопроницаемых пород глинистые линзы ограниченных размеров.

Слои пород, рассматриваемых в качестве геологических барьеров, должны иметь мощность не менее 3 м при коэффициенте фильтрации пород не более $1 \cdot 10^{-7}$ м/с. Поверхность геологических барьеров должна быть спланирована таким образом, чтобы продольный и поперечный уклоны составляли соответственно 2% и 3% для обеспечения эффективного осушения основания свалки.

Важнейшими показателями при описании гидрогеологических условий являются:

- глубина залегания уровня подземных вод по отношению к земной поверхности;
- характер напорности водоносных горизонтов;
- условия наземной свалки (расположение вблизи водозаборов, в областях новообразований подземных вод, в пределах напорных вод, повышения или понижения уровней и т.д.).

Геологические и гидрогеологические условия территорий следует рассматривать с учетом совокупного влияния всех существенных природно-геологических факторов. Реальные условия часто оказываются очень сложными. Рис. III.6 иллюстрирует, например, влияние изменчивости водопроницаемости различных рыхлых пород на движение загрязненных фильтрационных вод.

Влияние трещиноватости и крупнообломочного, неупрочненного материала-заполнителя трещин на движение загрязненных фильтрационных вод в прочных породах показано на рис. III.7а,б.

Схема воздействия различных направлений движения подземных вод и геологической неоднородности на транспортировку веществ подземными водами представлена на рис. III.8.

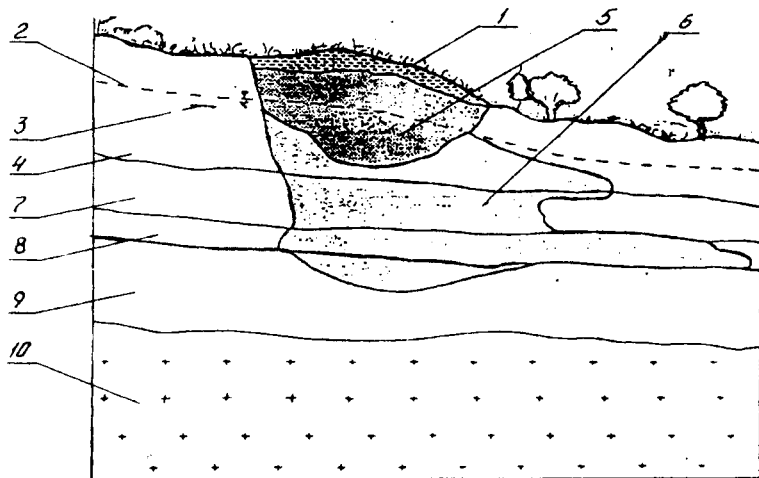


Рис. III.6 Схема возможного расположения рыхлых пород в окрестностях свалки

1 - грунтовый экран; 2 - уровень подземных вод; 3 - направление подземного потока; 4 - намывной песок; 5 - массив свалки; 6 - ареал загрязнения; 7 - пылеватый суглинок; 8 - гравий; 9 - глина; 10 - ограниченно водопроницаемые коренные породы

При отсутствии естественных геологических барьеров из связных материалов, возникает необходимость формирования «искусственных геологических барьеров» - экранов.

Экраны создают из связных грунтов посредством послойной укладки с последующим механическим уплотнением. Для обеспечения водопроницаемости экрана ($K_f = 10^{-7}$ м/с) укладываемый материал перемешивают до однородного состояния. Верхняя поверхность искусственного слоя мощностью не менее 3 м должна иметь уклон для стока воды.

При использовании естественного и искусственного геологического барьера необходимо, чтобы расстояние между верхней границей барьера и уровнем грунтовых вод составило не менее одного метра. Такое расстояние должно сохраняться в течение всего периода эксплуатации и реактивной способности наземной свалки, т.е. свыше 50 лет.

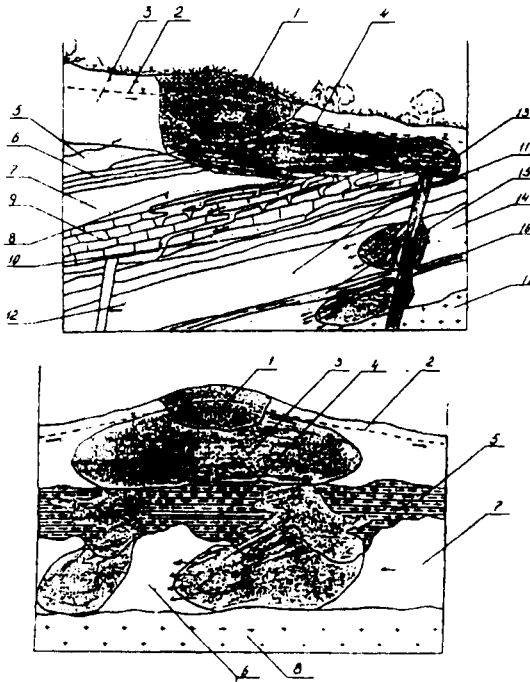


Рис. III.7 а) - схема распространения фронта загрязнения в трещиноватых породах

1 - тело свалки; 2 - уровень подземных вод; 3 - направление подземного потока; 4 - ареал загрязнения; 5 - песчаник; 6 - сланец; 7 - высоколи-
тифицированный песчаник; 8 - участки проникновения загрязненных
вод в трещины; 9 - известняк; 10 - водопроницаемый песчаник; 11 -
сланец; 12 - непроницаемая нарушенная зона; 13 - ограниченно про-
ницаемый алевролит; 14 - проницаемая нарушенная зона; 15 - сланец; 16
- проницаемый песчаник; 17 - непроницаемые коренные породы

б) - схема к оценке влияния неоднородности массива на
движение загрязненных вод

1 - свалка; 2 - направление движения подземного потока; 3 - ареал
загрязнения; 4 - песчаные включения в глине; 5 - ограниченно водопр-
оницаемые глины; 6 - песок; 7 - непроницаемые коренные породы

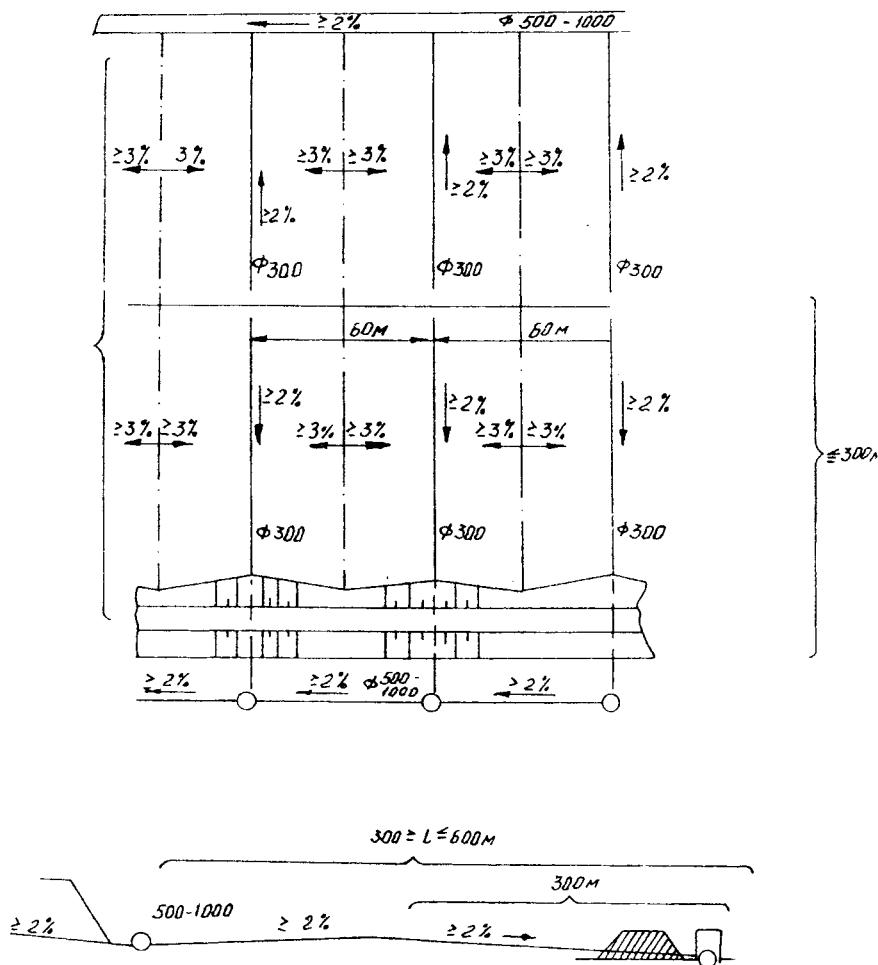


Рис. III.8 Схема дренажной системы над экраном в основании свалки

После выбора территории свалки с учетом создания многобарьерной системы определяют виды барьеров второго типа, например, создание изоляции оснований или систем отвода от них воды. Так, при необходимости, залегающие в основании связные грунты извлекают с целью обработки до однородного состояния и укладывают вновь слоями при помощи трамбовочной техники в соответствии с действующими нормативами. Мощность слоя (пачки) утрамбованной рыхлой породы должна быть не менее 1,5 м и показатель проницаемости составлять не более $5 \cdot 10^{-10}$ м/с, что соответствует требованиям по изоляции основания.

Толщину экранирующих элементов определяют с учетом уклона основания свалки, необходимого для последующего осушения техногенного массива.

Очевидно, что изоляция оснований и их осушение являются единым техническим мероприятием, имеющим целью защиту грунтовых вод от проникновения в них вредных веществ с фильтрационными водами.

Проникновение фильтрационных вод в основание возможно при определенной величине гидравлического градиента, снижение которого осуществляется посредством осушения. Для этого производят профилирование основания свалки, используют дренажные трубы большого диаметра (300 мм), выполняют промывку и очистку дренажных труб, понижают уровень воды в теле свалки при помощи колодцев. Максимальное снижение уровня грунтовых вод также способствует повышению устойчивости откосов свалки при оптимальных геометрических параметрах сооружения.

Пример технического решения по осушению основания свалки схематически изображен на рис. III.9.

Создание так называемого «простого комбинированного экрана» (рис. III.10) для основания свалки в настоящее время предусматривается немецкими инструктивными документами как обязательное мероприятие. Используются и другие системы экранирования оснований, особенно в случаях, когда предъявляются высокие требования к обеспечению безопасности. Например, если основание свалки представлено сильносжимаемыми отложениями, применяется так называемый «двойной комбинированный экран» (рис. III.11).

Для предотвращения загрязнения естественных оснований вредными веществами из тела свалки создаются специальные конструкции искусственных оснований. Постоянный доступ к нижней части основания обеспечивает функционирование автоматиче-

ской контрольной системы, при помощи которой выявляют нарушения конструкций и предотвращают аварии. Полное разделение тела свалки и естественного основания приводит к созданию действенного технического барьера.

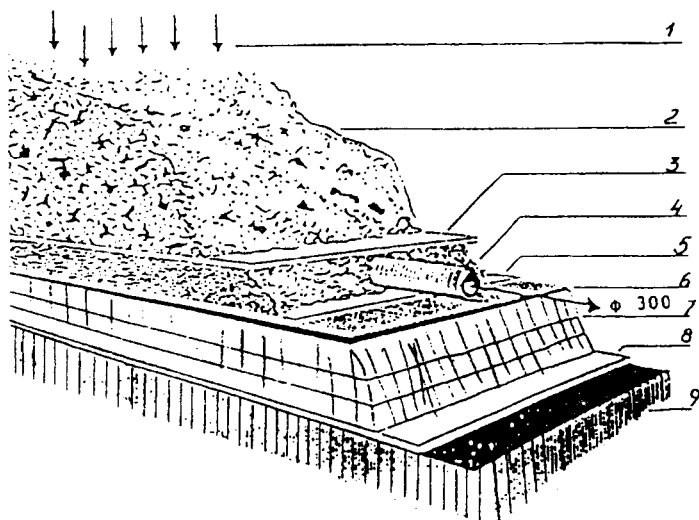


Рис. III.9 Система экранирования основания (комбинация минерального и выполненного из искусственных материалов экранов)

1 - фильтрационная вода; 2 - мусор; 3 - геотекстильный фильтр; 4 - дренажный слой (0,3 м); 5 - защитный слой (геотекстиль); 6 - искусственный экран (2,5 м); 7 - минеральный экран (1,5 м); 8 - раздельное полотно; 9 - естественные грунты (геологический барьер)

Концепция строительства доступных конструкций искусственных оснований разрабатывается с учетом внешних нагрузок, характера естественного основания и строительной базы.

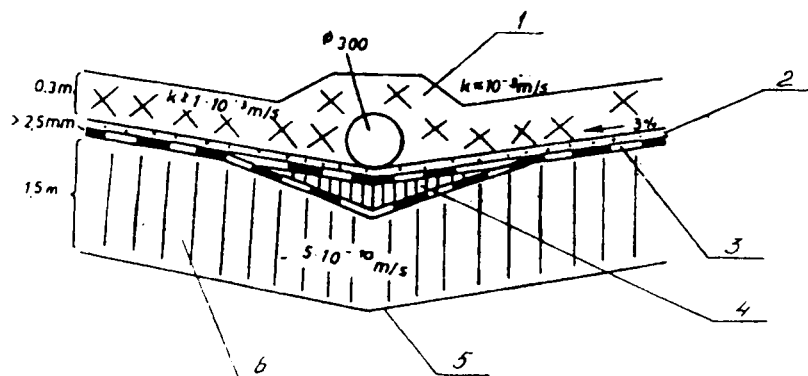


Рис. III.10 Простой комбинированный экран

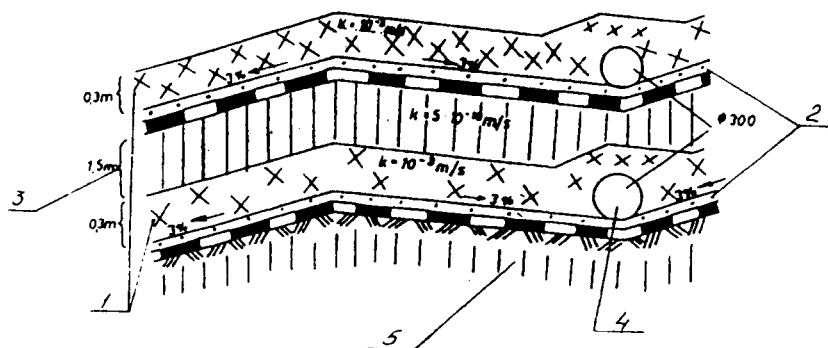


Рис. III.11 Двойной комбинированный экран

Плитообразная несущая конструкция (рис. III.12) применима при равномерно распределенной нагрузке и однородном естественном основании. Плиты способны изгибаться в пределах, достаточных для безопасной компенсации образующихся мульд оседания. Наибольшая площадь опоры при определенной схеме температурных швов достигала 1000 м^2 . Комбинированный экран из минеральных материалов и геотекстильных элементов в сочетании с контролем системы экранирования многократно повышает защитный эффект плитообразной подстилающей конструкции.

Обобщенное представление о строении массива свалки любого типа дает рис. III.13.

К минеральным компонентам системы изоляции оснований свалок предъявляют следующие требования:

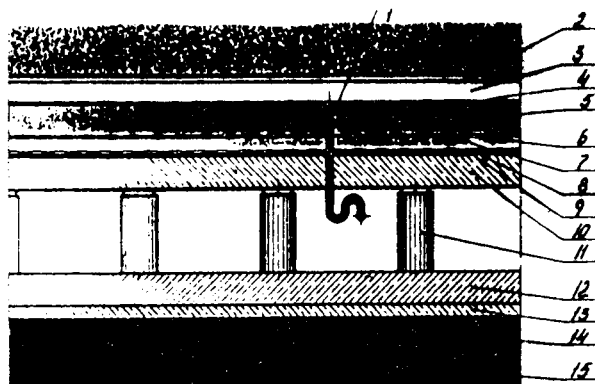


Рис. III.12

Минеральный изолирующий материал:

- гранулярный состав следует подбирать таким, чтобы исключить суффозию и образование трещин; доля частиц диаметром меньше 2 мм (DIN 18123) должна составлять не менее 20% (в % по весу);
- содержание и тип глинистых минералов определяют в соответствии с необходимой абсорбционной способностью (минимум 10% по весу);

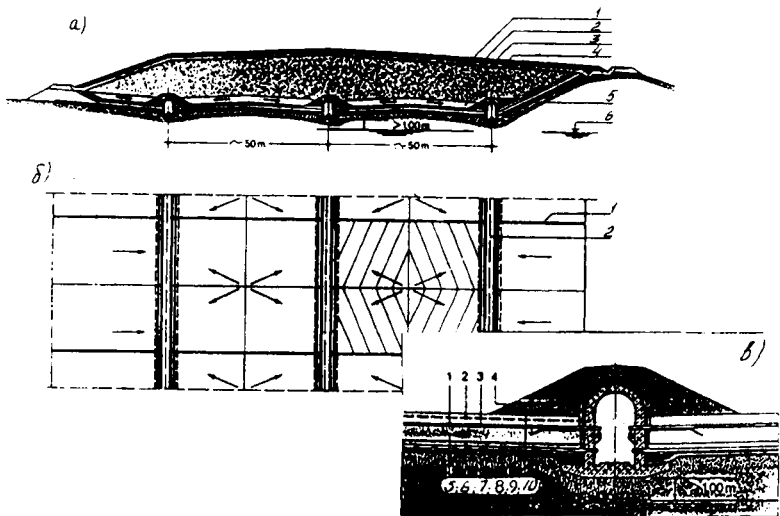


Рис. III.13

- грунты с крупным гравием, камнями, деревом, корнями и другими посторонними включениями использовать нельзя; содержание находящихся в грунтах органических веществ не должно превышать 5%, карбонатов не более 15%;
- после укладки в сооружение материалу минерального происхождения должен, в соответствии с расчетами, приобретать способность к пластическому деформированию;
- изолирующий материал по своему составу должен быть однородным и обладать одинаковой влажностью;
- минимальное уплотнение слоя изолирующего материала толщиной 0,25 м равно $D_{pr} > 95\%$;
- влажность W уложенного материала должна превышать ее значение по Проктору, если $W_{pr} < W$, то при увеличении уплотняющей нагрузки пористость должна составлять менее 5% ($n_a < 5\%$);

- толщина минеральной части экрана должна составлять 150 см; изолирующий грунт следует укладывать слоями по 25 см и уплотнять (трамбовкой или укаткой) до степени уплотнения $D_{pr} = 95\%$;
- величина коэффициента фильтрации изолирующего пакета равна $K = 5 \cdot 10^{-10}$ м/с, при повышенном содержании в фильтрационных водах вредных веществ она должна составлять $K = 1 \cdot 10^{-10}$ м/с.

В табл. III.4 приводятся основные значения параметров, устанавливаемые для минеральных экранов на свалках.

ТАБЛИЦА III.4

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МИНЕРАЛЬНЫМ ЭКРАНАМ
НА СВАЛКАХ

Вид от-ходов	Толщи-на, м	Кол-во слоев	Кэфф. филь-рации, м/с	Степень уплотне-ния (по Прокто-ру)	Доля тонко-зернис-тых (глини-стых) со-ставля-ющих, %	Содер-жание карбона-тов	Доля органи-ческих ве-ществ, %
Бытовые	1,50 м	6X25 см	$K \leq 5 \cdot 10^{-10}$	S=95% PD	≥ 20	15	нет дан-ных
Специ-альные	1,50 м	6X25 см	$K \leq 5 \cdot 10^{-10}$	S=95% PD	≥ 20	15	<5

Требования к минеральному материалу для осушения оснований (пластовый дренаж-плоский фильтр):

- физико-химическая и механическая устойчивость материала дренажного слоя должны быть такими, чтобы физико-химические свойства фильтрационных вод и механические нагрузки тела свалки не оказывали отрицательного влияния на процесс осушения. Содержание углекислого кальция в таких материалах не должно превышать 20 %, коэффициент фильтрации должен составлять 10^{-3} м/с;

- для дренажных слоев следует использовать промытый материал, предпочтительно с зернами округлой формы;
- в качестве материала дренажа следует использовать фракцию 16-32 мм; при отступлении от этой нормы необходимо обеспечить примерно такую же пористость, что достигается, например, для материала с крупностью зерен 8-16 мм;
- уклоны, создаваемые при профилировании поверхности геологических барьеров и минерального экрана, должны иметь следующие значения:
*поперечный уклон для плоских фильтров - 3%,
 продольный уклон для трубчатых дренажей - 2%,*

При дегазации нижних слоев свалки попутно используются дренажные трубы системы осушения, что способствует управлению отводом газов и снижает вредное воздействие объекта на окружающую среду.

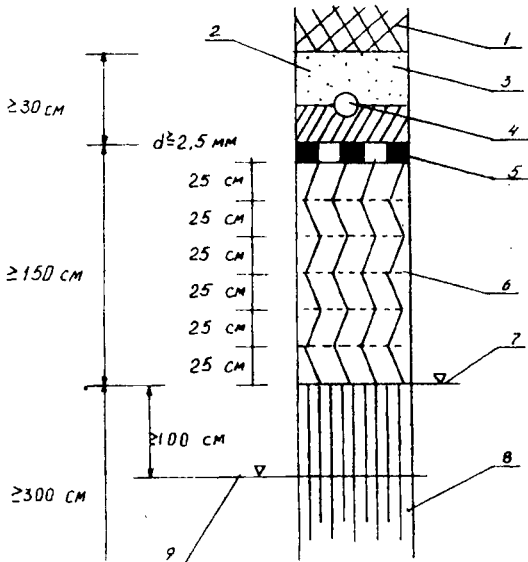


Рис. III.14

Конструкция экрана основания свалки согласно действующим в ФРГ нормам показана на рис. III.14.

Водопроницаемость материалов экрана должна отвечать следующим значениям коэффициента фильтрации:

- изолирующий минеральный слой при складировании отходов особого характера и бытового мусора соответственно $K \leq 1 \cdot 10^{-10}$ м/с и $K \leq 5 \cdot 10^{-10}$ м/с;
- фильтрующий слой $K \geq 1 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Необходимым условием герметизации свалки является надежное соединение нижнего и поверхностного экранов, что достигается, например, при сооружении контурных дамб. Представленная на рис. III.15 схема обеспечивает переход от одного экрана к другому и обеспечивает достаточную изоляцию складированных отходов.

2. Обработка отходов при их хранении

В период строительства свалки при физико-химической, биологической или термической обработке отходов с целью локализации находящихся в них вредных веществ возможно также создание третьего барьера.

Вредные вещества должны быть локализованы и в случае проникновения воды в массив свалки.

Установлено, что вредные вещества, например, тяжелые металлы, обладают слабой мобильностью, если они находятся в рудах. Эти вещества становятся мобильными лишь в результате измельчения руд. Выброс некоторых вредных веществ происходит в результате газовой выделения или выщелачивания. Мобильность вредных веществ зависит от кислотности фильтрационной воды, так что можно говорить о мобильности, управляемой водородным показателем pH.

Рассмотрим возможности различных средств и способов, используемых для закрепления (иммобилизации) вредных веществ свалок.

Известь способствует замедлению или прекращению биологических реакций, причем это воздействие, за счет полной гидроизоляции массива, носит длительный характер. Так как известь используется в основном в органической среде, этот способ иммобилизации замедляет или прекращает выход газов из органических отходов. Наилучшие результаты достигаются при известковании

определенного вида отходов, что возможно при селективном складировании органических веществ.

Кислотность оказывает большое влияние на мобильность тяжелых металлов. Так при низком водородном показателе pH мобильность тяжелых металлов повышается, а при высоком значении pH усиливается органическая активность, например, выделение сероводорода, и в результате соединения с сульфидами иммобилизируются тяжелые металлы.

Цементная суспензия. При использовании этого материала стремятся «забетонировать» вредные вещества в мусоре. В результате нагнетания цементной суспензии с помощью инжектора в массив свалки происходит связывание отходов и изоляция вредных веществ, мобильность вредных веществ снижается или прекращается. В ходе нагнетания необходимо контролировать состояние фильтрационных вод, которые могут вызвать корродирование бетона и восстановить мобильность вредных веществ. Поэтому для достижения максимальной эффективности мероприятия следует исключить проникновение осадков в тело свалки.

Химическая иммобилизация происходит в результате реакций, имеющих избирательный характер. Так, окисление является наиболее действенным способом иммобилизации мышьяка; восстановление способствует иммобилизации хрома, но непригодно для работ с мышьяком.

Дифференцированно следует подходить к использованию реакций экстрагирования (избирательного извлечения компонентов) и осаждения во избежание отрицательного воздействия на окружающую среду.

Выщелачивание вредных веществ осуществляют с использованием технических средств, обеспечивающих постоянное перемешивание отходов в среде с высокой мобильностью, при этом воды выщелачивания подлежат последующей очистке от вредных веществ.

Сжигание используется с целью уменьшения объемов отходов и инертизации остаточных продуктов горения, при этом температура горения достигает 1500°C , летучая пыль направляется в камеру сгорания. Из дымовых газов удаляют серу, азот, обогащают влажным способом и очищают при помощи активированного угля. Воду после обработки газом дистиллируют, добываясь выделения хлоридов, фторидов, сульфатов, нитратов и металлов. Таким образом, предотвращается образование сточных вод, органические соединения преобразуются в класс неорганических. Эти органические вещества

получаются из жидкой золы и представляют собой инертный материал, не подлежащий выщелачиванию.

Из 1000 кг отходов получается:

- 200 кг строительных материалов и инертных веществ, которые можно использовать или складировать без дополнительных мероприятий;
- 1-2 кг остаточных солей (1-2%), которые следует складировать на специальных свалках. Используемые в этой технологической схеме пар и электрический ток снижают потребление ископаемого горючего, тем самым уменьшая вредное воздействие на окружающую среду.

В результате сжигания при высоких температурах получают хорошо выгоревшие стеклошлаки с низким содержанием растворов, различные соли без образования сточных вод и отработанный воздух с остаточным содержанием (ниже предельных значений) диоксинов, органических соединений, металлов и аэрозольных материалов.

Такие результаты можно получить при использовании любых установок для сжигания с привлечением дополнительных технологий (например, повышения температуры сжигания, применения установок по плавке шлаков и летучей пыли, выпаривания сточных вод, промывке дымовых газов и удалению из них серы, а также воздухоочистителей с активированным углем).

Технология сжигания при высоких температурах имеет следующие преимущества:

- разрушение любых органических соединений, при этом отпадает необходимость аналитических определений;
- преобразование многоэлементной системы в две группы материалов – инертные стеклошлаки и растворимые в воде соли, которые впоследствии можно использовать;
- возможность утилизации цветных металлов при помощи кислотной обработки или в результате сублимационной плавки; железо и алюминий можно извлекать из солей;
- возможность очистки воздуха с помощью активированного угля благодаря разложению веществ при сжигании;
- высокотемпературное сжигание обеспечивает получение конечных продуктов CO_2 и H_2O и, соответственно, энергии;

- остаточные продукты составляют 1/3 первоначальной массы мусора и 15% ее объема;
- получаемые шлаки являются инертными и используются (80-90%) в дорожном строительстве.

Согласно действующим нормам к шлакам предъявляют следующие требования:

- доля горючих составляющих должна быть меньше 5% массы сухого вещества;
- при разовом выщелачивании шлаков водой должно раствориться менее 2% массы шлаков;
- влажность свежих гашеных шлаков должна быть меньше 15%;
- в исходном материале доля металлолома должна быть значительно сокращена.

Биологический метод (метанизация органических отходов)).

Посредством аэробного и анаэробного микробиологического расщепления органические отходы распадаются на воду и газ. Осуществлению метода способствует отдельный сбор органических отходов (бытовых, предприятий пищевой промышленности, пищеблоков и т.д.) и предварительная обработка отходов с целью удаления примесей при помощи магнитного сепаратора и производства суспензии, в которой органические вещества находятся в растворенном состоянии. Предварительной обработки включает:

- отделение легких материалов (пластмасс, текстиля, дерева и т.д.);
- отделение тяжелых материалов (камни, стекло, металлы и т.д.);
- растворение в гидросмеси;
- разделение на жидкую и твердую фазы (вещества в жидком состоянии подлежат метанизации, а твердые – подвергаются гидролизу (в 2 этапа) с целью увеличения доли растворенных органических веществ;
- повторное разделение на жидкую и твердую фазы с целью увеличения количества жидких органических веществ, повторного гидролиза твердых фракций и получения торфообразных твердых веществ;
- очистка отработанной воды в замкнутом цикле;
- обработка биогаза:

(выход $650 \text{ м}^3/\text{тн}$)

CH_4 - 70-75%,

CO_2 - 20-30%,

H_2S - 0,05-0,3%;

выход энергии - $7,0-7,5 \text{ кВт}/\text{м}^3$,

2/3 биогазов используется;

- компостирование (смешивание в определенных пропорциях переработанных отходов с торфом);
- обработка остаточных продуктов (9% использованных сухих веществ должны подвергаться термообработке или складироваться на свалке).

Переработанные отходы используются в качестве добавок к навозу и очищенному шламу.

Перечисленные типы обработки способствуют инертизации отходов и целесообразны в местах окончательного их захоронения.

Активная инертизация отходов имеет большее значение, чем «пассивное» использование системы барьеров в целях безопасности.

Вещества, подлежащие окончательному захоронению, не должны оказывать вредного воздействия на окружающую среду, а их укладка должна производиться без привлечения строительных технологий (например, изоляции свалок).

Процесс инертизации действенен, если в результате сортировки и переработки отходов создается система из немногих элементов, поведение которых поддается анализу и прогнозу.

Основанием для обработки отходов с целью их окончательного захоронения в инертном виде могут служить следующие факторы:

- 1) отсутствие изолирующего материала, способного в течение длительного периода блокировать все уложенные материалы;
- 2) непрекращающееся образование фильтрационных вод и связанная с этим их обработка;
- 3) отделение при очистке фильтрационных вод веществ, способных дополнительно загрязнить свалку содержащимися в них водными элементами;
- 4) биологические процессы, происходящие с органическими веществами внутри свалки, прогнозируются и подлежат контролю в течение десятилетий;

5) система полной изоляции многокомпонентной свалки от проникновения осадков и посторонней воды также требует длительного контроля и надзора.

Напомним, что в качестве основных используются такие средства, как управление водородным показателем, окисление, восстановление, экстрагирование, осаждение, выпаривание, осмос, ионный обмен, выщелачивание, цементирование, метанизация, и, наконец, сжигание в высокотемпературном режиме.

Для всех остаточных продуктов, не подлежащих дальнейшей обработке, предусмотрено использование установок (печей) для сжигания при высоких температурах, что обеспечивает переход всех отходов, включая отходы с неизвестным составом, в инертное состояние и способствует выработке энергии для других процессов обработки.

В связи с высокими требованиями к процессу сжигания с экологической точки зрения расходы на эти мероприятия могут достигать 1000 DM на 1 тонну отходов; столь высокая стоимость заставляет прибегать к уничтожению, обогащению и обработке отходов, что одновременно снижает объемы материалов, подлежащих сжиганию; технология термической обработки предусматривает также измельчение и сортировку материалов, трудно поддающихся сжиганию.

Характеристика эффективности упомянутых барьеров и необходимость оценки риска, связанного с наземной свалкой любого класса, требуют проведения исследовательских работ в области геологического и гидравлического обеспечения изоляции и осушения оснований, а также мероприятий по обработке отходов. Результаты этих исследований должны представить объективную картину воздействия наземной свалки на такие объекты экологической защиты, как вода, воздух, флора, фауна и человек.

Цели проводимых исследований рассмотрены в табл. III.5.

3. Геотехнические характеристики наземной свалки

Эти характеристики определяют концепцию конструкции свалки с момента укладки отходов и в период эксплуатации.

Состояние наземных свалок оценивают с учетом следующих положений:

- высота старых свалок составляла 50 - 100 м, а крутизна их откосов была максимальной;

- отдельные слои тела свалки и ее основание под действием веса отходов претерпевают вертикальные и горизонтальные деформации; предполагается, что величина деформации под действием зернистых отходов (золы, шлаки, строительный мусор) достигает меньших значений, чем при складировании крупногабаритных отходов;
- происходящие внутри свалки процессы превращения и разложения также могут быть причиной деформации;
- оседание в результате процессов разложения не прекращается в течение длительного периода;

ТАБЛИЦА III.5

СХЕМЫ АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ НАЗЕМНОЙ СВАЛКИ

Барьер № 1 Собственно отходы	Анализ - объемов отходов - происхождения отходов - состава отходов Проверка возможностей - альтернативного устранения (экологически целесообразного) - переработки (утилизации) - предварительной обработки и сортировки низкий <----- фактор риска -----> высокий
Барьер № 2 Система изо- ляции и техни- ческие сооружения	Необходимость создания системы изоляции и других соору- жений Планирование системы изоляции (зависит от фактора риска, класса свалки и типа отходов; например: свалка бытового мусора -----> высокая степень риска -----> комбинированная изоляция) Прогноз водных ресурсов свалки и образования фильтрационных вод Планирование обработки фильтрационных вод низкий <----- фактор риска -----> высокий
Барьер № 3 Геологиче- ская среда	Необходимость создания геологических барьеров Установление минимальных требований в отношении: - проницаемости - мощности - однородности - проникновения грунтовых вод - сопротивления сдвигу Детальное планирование вместе с прогнозом (например, мо- дель распространения вредных веществ)

- оседание свалок бытовых отходов может в зависимости от доли органических веществ составлять около 20% первоначальной высоты, а на специальных свалках в зависимости от времени – до 50% (рис. III.16);
- осадки, связанные с процессами разложения, происходят постепенно и затухают обычно через три года, так что визуально бывает трудно определить их масштабы; в связи с этим возникают проблемы изоляции и осушения оснований, изоляции поверхности и дегазации;

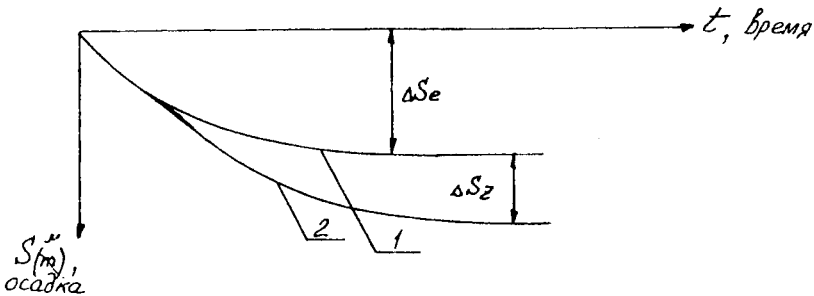


Рис. III.16 Развитие осадок массива свалки

ΔS_e - осадка под действием веса отходов (кривая 1); ΔS_z - осадка вследствие процесса разложения; 2 - кривая общей осадки S .

- на участках, пограничных между старыми и новыми отложениями, возникают осадки, вызывающие зависание отходов на боковых откосах;
- неравномерные осадки отходов, вызванные неоднородностью грунтов оснований или самих отходов могут осложнить создание систем изоляции и осушения оснований; в то же время

осадки оснований, по сравнению с суммарной осадкой всего массива свалки бывают незначительными; масштабы уплотнения зависят от геотехнических свойств складироваемых отходов, мощности слоев, а также методов укладки и используемой техники;

- при определении устойчивости массива свалки следует учитывать, что при высоком содержании органических веществ наблюдается уменьшение сопротивления складировемого материала сдвигу; по опытным данным оно может достигать 50%; подобное явление не распространяется на зернистые материалы типа зол или шлаков.

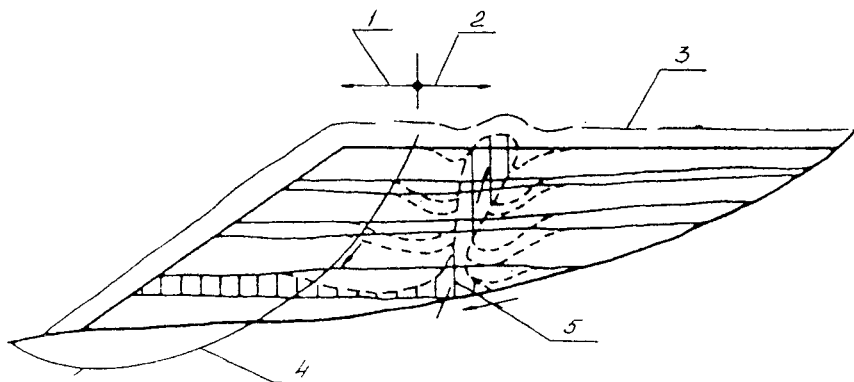


Рис. III.17 *Схема к оценке внешней и внутренней устойчивости*

1 - область оценки внешней устойчивости; 2 - область оценки внутренней устойчивости; 3 - покрытие; 4 - кривая скольжения; 5 - неустойчивые отходы (разрыв отдельных слоев)

Различаются две группы задач об устойчивости массивов свалок:

- 1) исследования устойчивости откосных сооружений (обрушения откосов, осадки, горизонтальные смещения);
- 2) исследования состояния внутренней части свалки (несущая способность в период укладки отходов).

Схемы к оценке устойчивости внешних и внутренних зон свалок представлены на рис. III.17 и III.18.

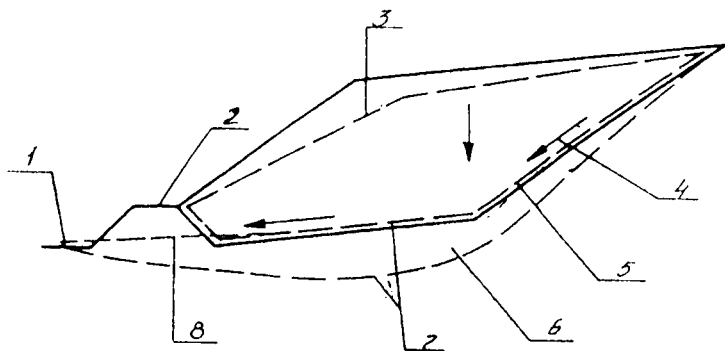


Рис. III.18 Возможные кривые скольжения для оценки устойчивости при наклонном основании свалки:

1 - выход трубы для фильтрационных вод; 2 - контурная (ограждающая) дамба; 3 - смещенный контур свалки; 4 - сила, обусловленная смещением массива свалки; 5 - искусственный экран; 6 - осадка основания; 7 - возможная кривая скольжения; 8 - труба для сброса фильтрационных вод

Расчеты выполняют применительно к следующим случаям:

- эксплуатация свалки (открытая свалка, складирование отходов),
- завершение эксплуатации свалки (закрытая свалка),
- конечный этап эксплуатации свалки (после отвода газов),
- определение осадок согласно DIN 4019, часть 1,
- оценка устойчивости откосов согласно DIN 4084,
- оценка прочности оснований согласно DIN 4019, часть 2,
- оценка устойчивости откоса на наклонном основании (схема прислоненного откоса с заданной поверхностью скольжения),
- оценка эрозионной устойчивости связных изолирующих экранов;
- оценка суффизийной устойчивости несвязных дренажных материалов,
- оценка возможности контактной эрозии при наличии несвязных рыхлых пород.

Важнейшее значение имеют при этом геотехнические характеристики отходов.

Для оценки устойчивости свалок применяются методы статiki грунтов (статiki сыпучей среды). В качестве исходных параметров состояния среды используются: сцепление C , угол внутреннего трения φ , коэффициент фильтрации K , гранулярный состав. Определение геотехнических характеристик складированных отходов, например, упаковочного материала, бытовых и промышленных отходов требует широкого спектра исследований. Для этих целей применяются специальные приборы больших размеров, например, срезной прибор с площадью среза (сдвига) в 1 м^2 . Для шламов необходимо определять пределы пластичности и показатели консистенции.

Плотность массива отходов в значительной степени зависит от технологии укладки, способов уплотнения, возраста отходов и процента содержания органических веществ. Зависимости плотности отходов от глубины показаны на рис. III.19.

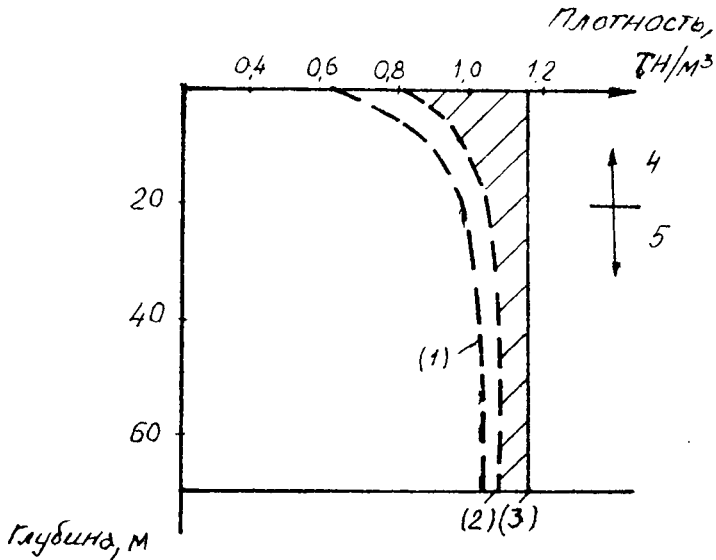


Рис. III.19 Зависимости плотности отходов от глубины:

1, 2, 3 - укладка слоями мощностью соответственно 2 м, 0,3-0,5 м и 0,15 м; 4 - измеренные данные; 5 - прогнозные данные

На рис. III.20 даны зависимости между модулем деформации и уплотняющей нагрузкой при различных значениях плотности отходов.

Еще одним фактором, имеющим значение для величины плотности, является содержание воды в массиве свалки, что зависит от влажности в момент укладки, осадков и потребления воды в ходе микробиологических реакций.

Сдвиговые параметры (φ , c) определяются видом отходов, консистенцией, влажностью, плотностью, которые в свою очередь, зависят от принятого способа укладки, состава отходов, возраста отложений и наличия смесей различных отходов и консистенции материала в теле свалки.

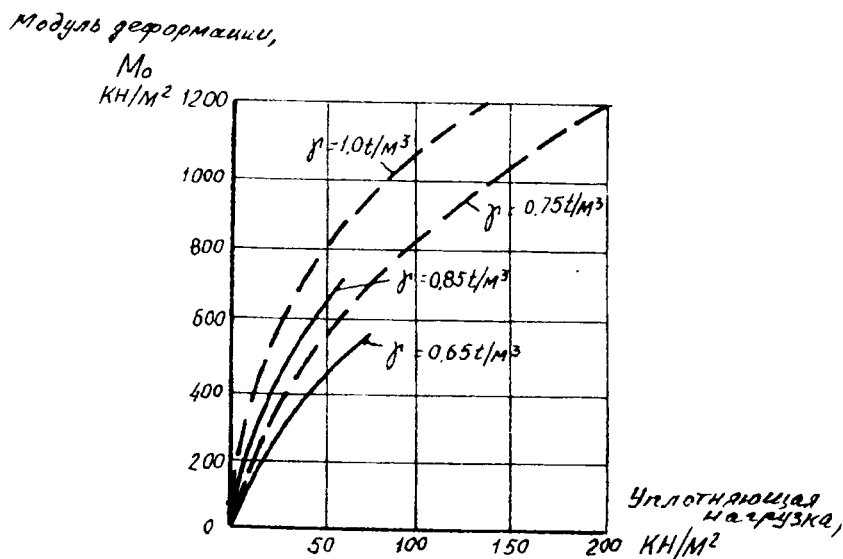


Рис. III.20 Зависимости модуля деформации отходов от их плотности и нагрузки

При определении сопротивления сдвигу следует учитывать, что в теле свалки могут складироваться материалы, воспринимающие растягивающие напряжения. Наличие таких материалов способствует образованию систем, сопоставимых с «армированным грунтом». Устойчивость подобных систем значительно повышается, что позволяет создавать в свалках выемки высотой до 20 м с вертикальными стенками (если массив не сложен золами, шлаками и подобными им материалами).

В табл. III.6 приводятся данные о сопротивлении сдвигу различных материалов.

ТАБЛИЦА III.6

ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ СВАЛКИ

Параметры			Способ определения, описание материалов
φ , град	C, кН/м ²	S, кН/м ³	
18°-10°	7,0 1,0	10 10	бытовые и промышленные отходы с примесью шламов
15°-17°	10	10	обратные расчеты, смешанная свалка
от 30° до 40°	0	8-12	оценки на основе наблюдений
а) 42°	7,0	9-12	Сдвиговые испытания а) мусор в сочетании со шламами через 9 месяцев
б) 26°	28	8-11	б) свежий мусор с фильтрационными водами
18°	21	13	трехосные испытания, мусор 7,5 летней давности
19°-24°	16-32	8-10	рекомендуемые расчетные значения для уложенного мусора

Шламы обладают достаточной несущей способностью лишь при сопротивлении вращательному срезу более 25 кН/м² (определяют лопатными приборами-крыльчатками), достичь чего можно путем дренирования или подсушивания. При смешанной укладке бытовых отходов и осветленных шламов в соотношении 2,5:1 существенных изменений сопротивления сдвигу не отмечено.

Характеристики проницаемости

В зависимости от нагрузок (мощности свалки), типа и структуры отходов значения коэффициента фильтрации изменяются в весьма широких пределах (рис. III.21). Полевые испытания, выполненные в опытной канаве позволили получить значения коэффициента фильтрации для материала свалки $k = 10^{-3} - 10^{-5}$ м/с. В лабораторных условиях получены $k = 10^{-5} - 10^{-6}$ м/с (новые отходы) и $k = 10^{-6} - 10^{-8}$ м/с (старые отходы). Проницаемость отходов влияет на устойчивость свалки, а именно, устойчивость снижается за счет насыщения водой части отходов (мусора) и возможного развития избыточного порового давления. В связи с этим необходимо уменьшение уклона откоса в диапазоне от 5° до 10°.

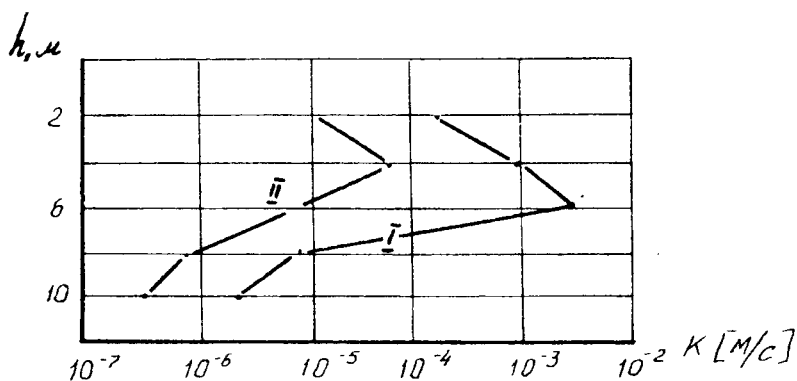


Рис. III.21 Результаты полевых исследований:

I - старые отложения, содержащие строительный мусор, *II* - новые бытовые отходы

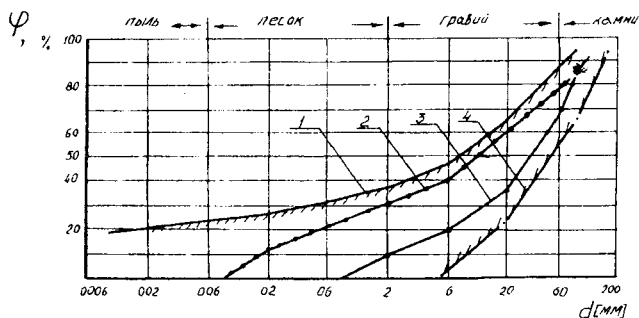


Рис. III.22 Графики зернового состава мусора различного возраста:

1 - 25 лет (верхняя граница); *2* - 15 лет; *3* - средние значения; *4* - 9 месяцев (нижняя граница)

Графики зернового состава отходов (мусора) различного возраста по результатам сухого просеивания даны на рис. III.22.

Гранулярный состав зависит от исходного материала, процессов разложения (гниения) органических веществ и возраста отложений. Наряду с просеиванием, необходимы также качественные анализы, которые могут дать объяснение изменениям геотехнических параметров (k , τ , γ и т.д.). Изменение в содержании составляющих бытовых отходов свалок иллюстрируется данными табл. III.7.

ТАБЛИЦА III.7

*ИЗМЕНЕНИЕ ВО ВРЕМЕНИ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ СОСТАВЛЯЮЩИМИ
БЫТОВЫХ ОТХОДОВ СВАЛОК*

Составные элементы бытовых отходов	Возраст отходов		Примечание
	9 месяцев вес (%)	15 лет вес (%)	
синтетические пленки	14,0	7,0	
синтетические материалы	6,0	5,0	
древесина, кожа, резина	9,4	17,0	
текстиль	3,0	3,5	
инертные материалы (шлаки и т.д.)	24,5	34,5	
металлы	9,0	3,0	
остаточные продукты неизвестного характера	24, 9,0		
бумага, картон	10,0	4,0	Физико-химические преобразования
стекло	1,0	17,0	

Естественно, каждый тип отходов следует изучать отдельно, так как многие факторы влияют на структуру отходов того или иного района и определяют геотехнические параметры свалки: особенности потребления, время года, принадлежности частному лицу или предприятию, промышленная инфраструктура, расположение в городской или сельской местности, а также законодательные акты по переработке и уничтожению отходов.

В табл. III.8 приведены результаты лабораторных определений свойств отходов в зависимости от их возраста.

ТАБЛИЦА III.8

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОТХОДОВ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ)**

Показатели	Возраст отходов (месяцы)				
	9	36	90	180 (15 лет)	
Коэффициент неоднородности	29	30	48	93	
Влажность, %	49	36	42	31	
Содержание органических веществ	33,5	31,5	32,1	8,1	
Трехосные испытания					
Плотность укладки, т/м ³	1,2	1,23	1,36	1,6	
Угол внутреннего трения, <i>φ</i> ,град	10	19	18	12,5	
Сцепление <i>C</i> , кН/м ²	при <i>ε</i> =20%	26	105	85	124
Компрессионные испытания					
Плотность укладки, т/м ³	1,15	1,01	0,97	1,24	
<i>E</i> 1 [МН/м ²]	1,92	2,27	2,18	3,00	
<i>E</i> 2 [МН/м ²]	3,47	4,28	3,9	5,65	

$$E_1 - б = 200 \quad 400 \text{ кН/м}^2$$

$$E_2 - б = 400 \quad 600 \text{ кН/м}^2$$

Для определения показателей физико-механических свойств используются полевые методы:

- шурфы и прорези;
- бурение (двухтрубное шнековое бурение);
- зондирование (для шламов - зондирование с применением поворотной крыльчатки);
- штамповые испытания (штампы с большой площадью нагружения);
- статическое зондирование;
- сдвиговые испытания (прибор с большой площадью сдвига);
- прессиометрические испытания;
- искусственные обрушения откосов опытных насыпей.

В рамках немецкого общества по земляным работам и фундаментостроению действует рабочая группа «Геотехника свалок и старых нагрузок», разрабатывающая рекомендации по геотехническим аспектам строительства свалок. Ниже дается краткая характеристика рекомендаций, составленная этой группой:

1. Рекомендации по изучению местности предусматривают:

- изучение и описание грунтов в соответствии с DIN 4022;
- изучение состава и распространения рыхлых пород в основании свалок;
- анализ условий образования и залегания твердых пород в основании свалок;
- определение гидрогеологических особенностей территории;
- проведение полевых и лабораторных исследований;
- представление результатов исследований;
- оценка экранирующего эффекта основания;
- общая оценка территории.

Согласно рекомендациям, окончательная оценка должна включать в себя:

- характеристики строения естественного основания, естественных экранирующих слоев (мощность, проницаемость, абсорбционную способность), оценки гидрогеологических условий и гипотетическую модель массопереноса;
- сведения об устойчивости естественных и искусственных откосов, несущей способности и деформируемости грунтов;
- перечень возможных аварий, деформаций земной поверхности и т.д.;
- характеристики экранирующего действия оснований свалки и геотехнических мероприятий по улучшению экранирующего эффекта (например, сооружение искусственных экранов).

Рекомендации могут предусматривать отбор проб воды, воздуха, почвы.

2. Второй вид рекомендаций содержит перечень исходных данных для проектирования подготовки оснований, формирования массива свалки, изоляции ее поверхности, а также систем дегазации, отвода фильтрационных вод, рекультивации, контроля и консервации.

3. Рекомендации третьего вида позволяют оценивать пригодность минеральных экранов на поверхности и в основании сооружений посредством классификации физико-механических свойств, определения критериев целесообразности сооружения экранов, прогноза напряженно-деформированного состояния, определения проницаемости, химической устойчивости.

4. Четвертый вид рекомендаций посвящен вопросам сооружения комбинированных экранов оснований свалок.

5. Рекомендации пятого вида охватывают вопросы проверки качества минеральных экранов в основании, на поверхности и в бортах свалок.

6. Шестой вид рекомендаций посвящен принципам разработки модели транспортировки вредных веществ с учетом возможных аварийных ситуаций. При этом предусматривается планирование очистных гидравлических мероприятий с использованием модельных экспериментов.

7. Рекомендации этого вида включают прочие геотехнические аспекты складирования отходов и очистки старых техногенных загрязнений.

Уровень проработки рекомендаций существенно различается: некоторые из них уже действуют, другие находятся в стадии согласования. Следует отметить, что разработанные рекомендации в целом позволяют решать многие вопросы проектирования и строительства свалок.

4. Изоляция поверхности (дегазация). Рекультивация

Создание поверхностных и промежуточных экранов позволяет:

- сократить проникновение атмосферных осадков в тело свалки и, соответственно, образование фильтрационных вод;
- осуществить отвод поверхностных вод в водосборник, предотвратив тем самым загрязнение и последующую очистку воды;
- исключить фильтрацию в борта свалки с учетом уровня воды в ее массиве;
- предотвратить хаотичный выброс газа из свалок и его перехват;
- подготовить объект для рекультивации.

На рис. III.23 приводится пример конструктивного решения поверхностного экрана.

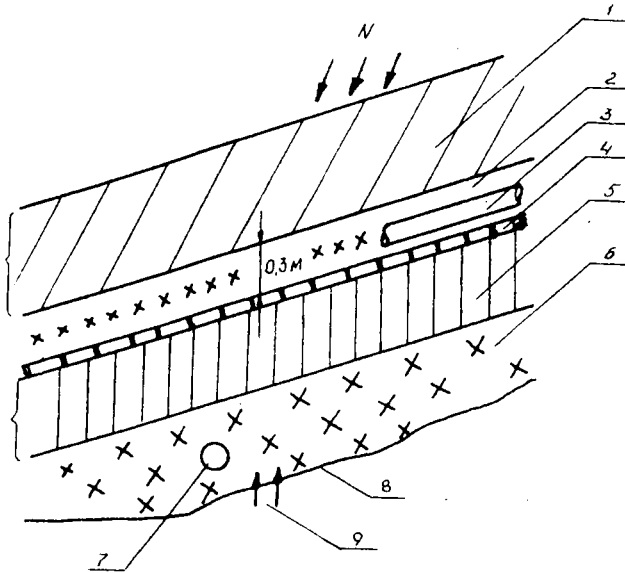


Рис. III.23 Возможная конструкция поверхностного экрана:

1 - культурный слой почвы мощностью 1-1,5 м (в зависимости от растительности); 2 - дренаж; 3 - дренажная трубка; 4 - изолирующий слой из синтетических материалов (плотный полиэтилен, $\delta = 2,5$ мм); 5 - минеральный экран; 6 - выравнивающий слой; 7 - газовый дренаж; 8 - мусор; 9 - газ

Создание отдельных элементов поверхностной изоляции возможно уже на промежуточной стадии формирования свалки (рис. III.24). Преимущества этой схемы определяются возможностями оперативного перехвата атмосферных осадков и дегазации в период образования свалки.

К недостаткам схемы относятся сложная технология укладки материала и механические нагрузки на систему изоляции, возникающие при деформировании техногенного массива. Частичная изоля-

ция поверхности позволяет создать систему газосборников с целью уменьшения загрязнения окружающей среды.

При разработке концепции изоляционных мероприятий необходимо принимать во внимание направления последующего использования территорий закрытых свалок, в том числе вид рекультивации.

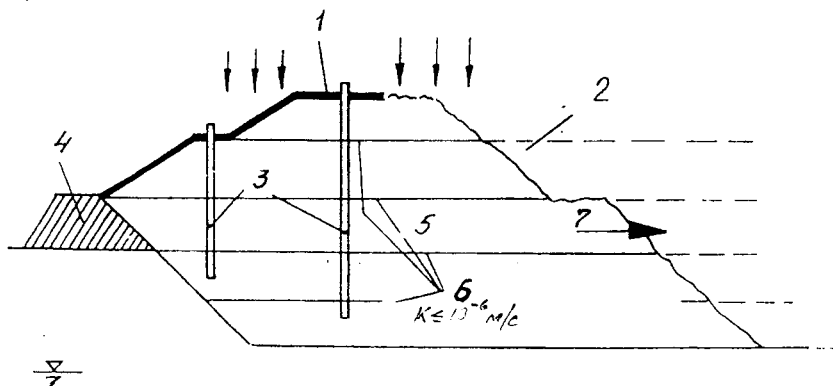


Рис. III.24 Создание поверхностной изоляции при формировании свалки:

1 - изоляция поверхности; 2 - открытый откос; 3 - газовые колодцы (скважины); 4 - пионерная дамба; 5 - мусор; 6 - промежуточные покрытия (например, строительный грунт, зола); 7 - направление отсыпки

Дегазация свалки бытовых отходов

Дегазация свалок и получение биогаза необходимы при формировании каждого массива соответствующего состава. Предпосылками проведения работ по дегазации служат:

- возможность загрязнения окружающей среды газами сверх допустимых границ;
- вероятность распространения и воздействия газов с поверхности свалки на нормальное развитие растений;

- необходимость обеспечения безопасных условий труда персонала, занятого на свалке;
- опасность возгорания свалок при возможном выбросе метана;
- вероятность взрывов в результате смешивания метана с кислородом;
- распространение запахов со свалки;
- возможность использования газа свалки в качестве энергоносителя.



Некоторые типы отходов (например, бытовой и контейнерный мусор, очистные и промышленные шламы, отходы сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности) разлагаются с выделением газов. Поэтому эти отходы подлежат отдельной укладке для концентрации процесса дегазации и уменьшения расходов на оборудование для газоотбора.

По мере поглощения кислорода в массиве свалки развиваются различающиеся в пространственно-временном отношении этапы газовыделения и, в конечном итоге образуется метан, пригодный для использования. Период времени, необходимый для образования активной фазы метана, может составлять от 2 до 5 лет наличие метанопроизводящих бактерий является естественной предпосылкой газообразования.

Процесс распада органических веществ в отходах, сопровождающийся образованием биогаза, проходит следующие фазы.

Процесс газообразования находится в прямой зависимости от температурного режима и снижается при $t < 10^{\circ}\text{C}$. Рис. III.25 иллюстрирует развитие процесса газообразования во времени (с момента начала газообразования до достижения стабильной фазы метана).

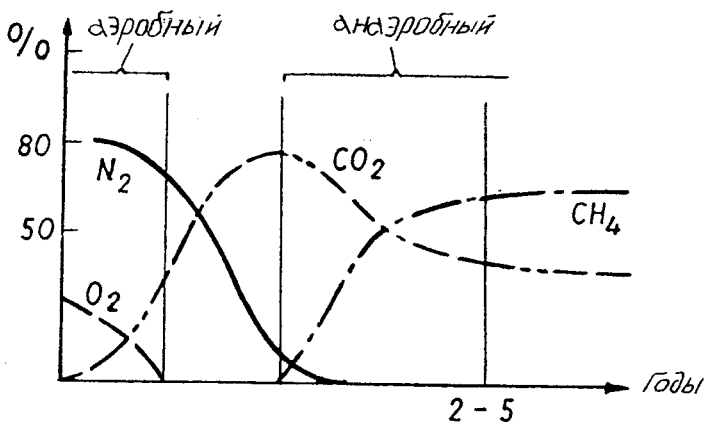


Рис. III.25 Развитие процесса газообразования во времени

По прошествии 30-40 лет на окончательной стадии дегазации свалки можно с помощью замеров объемов имеющихся газов и определения их качества оценить возможности дальнейшего газовыделения.

Прогнозирование объемов и качества газов на стадии образования метана представляет сложную проблему, так как обе эти характеристики зависят соответственно от «объемов» и «качества» каждого типа отходов. Например, отходы сельского хозяйства подвержены быстрому разложению, дерево, бумага, текстиль в принципе подвержены разложению, а пластмассы, резина, кожа разлагаются медленно, что в целом качественно, количественно и по времени влияет на процесс газообразования.

Абсолютный объем газа, период газообразования и качество газов можно определить при создании «идеальных условий» лабораторным путем. В таких условиях из одной тонны мусора образуется 350-450 м³ газа. При этом можно определить также «период полураспада» газообразующих органических материалов, т.е. время, за которое произошел распад половины содержания углерода в соответствующих органических составляющих свалки. На основе результатов лабораторных исследований можно получить теоретические данные для прогнозирования процессов газообразования и качественные характеристики. «Реальные» условия дегазации определяются в результате предварительных исследований непосредственно на свалке. Порядок объема биогаза, подлежащего дальнейшему использованию, может составлять 120 м³ на 1 тонну мусора, причем, в первые три года после достижения стабильной фазы образования метана его объем может достигать 25 м³/т в год, а впоследствии снизиться до 6 м³/т в год.

Процесс разложения углерода соответствует зависимости

$$C_t = C_0 / 2^{t/50}$$

t — возраст свалки;

t_{50} — период полураспада органических веществ (углерода);

C_0 — объем разлагающихся органических веществ на момент $t = 0$.

Процесс газообразования в целом описывается следующей формулой

$$G_t = G_e (1 - e^{-kt}),$$

G_e —общий объем газа ($\text{м}^3/\text{т}$) на момент времени $t = 0$;

G_t —объем газа в настоящий момент t ($\text{м}^3/\text{т}$);

$k = \ln 1/150$ —*постоянная реактивности или разложения* ($1/\text{год}$).

Период полураспада органических веществ (углерода) колеблется в зависимости от типа веществ от 5 до 15 лет. Для определения общего объема газообразования на свалке и его развития во времени используются зависимости, представленные на рис. III.26 а,б, вид которых показан на графиках. Из графиков следует, что большая часть объемов газа образуется в период активной эксплуатации свалки, т.е. еще до ввода в строй установок для газоотбора. Это противоречие можно разрешить, если первичная дегазация осуществляется совместно с осушением оснований (рис. III.27); складирование подлежащих дегазации материалов осуществляется концентрированно (путем селективной укладки)), благодаря чему быстро вводятся в эксплуатацию газосборные устройства.

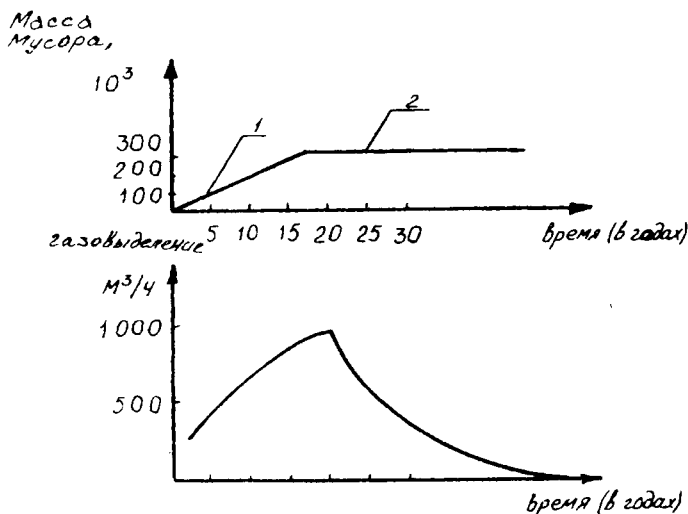


Рис. III.26 Газовыделение на свалках:

1 - период активной эксплуатации;

2 - период после укладки отходов

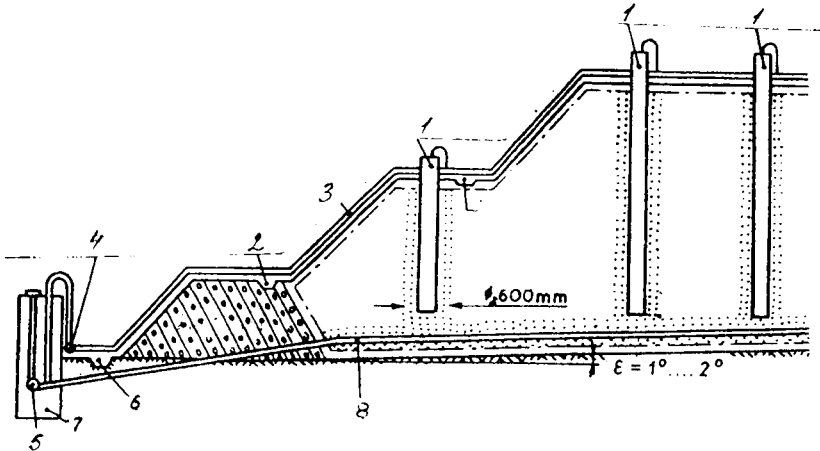


Рис. III.27 Схема газоотбора на начальной стадии

1 - газовые скважины; 2 - дренажная канава; 3 - коллектор; 4 - газопровод

Реализация упомянутых мероприятий позволяет сравнить, с одной стороны, объем и качество материалов, подлежащих дегазации, и затраты на нее и, с другой стороны, эффект дегазации. Полученный результат может быть определяющим в решении вопроса дегазации.

Для оптимизации дегазационных мероприятий необходимо наличие достаточной информации о масштабах газообразования и качестве газов. Используемые расчетные зависимости пригодны лишь для получения ориентировочных значений; характеристики конкретных объектов определяются обычно опытным путем в процессе их эксплуатации. Качественные показатели на стадии стабильного образования метана имеют следующие значения

45-55% CH_4

теплотворная способность

45% CO_2

25000 кДж/кг

≈ 1%

вредные вещества

Вредные вещества представлены углеводородами и их окислами (спирты, сложные эфиры, кетоны и т.д.), галогенезированными углеводородами (дихлорэтан, тетрахлорэтан и т.д.), а также сероводородом (распространение запахов). Наличие вредных компонентов препятствует дальнейшему использованию газов и изучается с

позиций охраны здоровья персонала свалок и жителей близлежащих районов.

Методы дегазации разделяются на активные и пассивные, т.е. искусственные и естественные. Предпочтение обычно отдается методам первой группы с учетом соображений безопасности и эффективности. Во многих случаях на свалках создаются неблагоприятные условия для пассивной дегазации, определяемые формированием плотных промежуточных слоев или экранов на поверхности. В этих условиях возможно применение системы пассивного газоотбора вертикальными скважинами и горизонтальными коллекторами.

В общем случае активная дегазация вертикальными газовыми скважинами (нижнее давление - до 5-10 кПа) считается целесообразной, т.к. при этом исключается отрицательное влияние осадок техногенного массива.

Схема комбинированного (горизонтального и вертикального) отбора в процессе пассивной дегазации показана на рис. III.28.

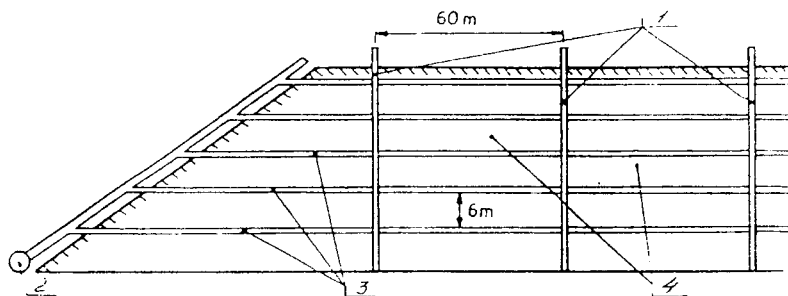


Рис. III.28 Схема пассивной дегазации свалки:

- 1 - газовые скважины; 2 - газовый коллектор; 3 - трубы для газоотбора;
4 - материалы, подлежащие дегазации

Основные затруднения, возникающие при эксплуатации систем газонакопления и меры по их преодолению, рассматриваются ниже.

Критические значения содержания CH_4 и O_2 в газовой смеси приводятся в табл. III.9.

ТАБЛИЦА III.9

ОЦЕНКА ВЗРЫВООПАСНОСТИ ГАЗОВОЙ СМЕСИ

Газ	Содержание газа в смеси, %		
	Взрывоопасное состояние	Отключение установки	Предаварийное состояние
CH_4	12,5	25	30
O_2	11,6	6	3

Мероприятия по предотвращению взрывов газа включают установку измерительной, регулирующей и обеспечивающей безопасность аппаратуры, постоянный контроль концентрации кислорода в газовой смеси, герметизацию арматуры, предотвращение доступа кислорода с поверхности свалки.

Меры по предупреждению образования конденсата предусматривают:

- обеспечение уклона коллекторных и транспортных трубопроводов $\geq 2\%$;
- подключение дренажных устройств к газовым колодцам;
- осушение систем трубопроводов.

Оседание массива свалки происходит под действием нагрузки и в результате гниения (относительная осадка - до 20%).

Влияние процесса оседания компенсируется:

- формированием тела свалки с превышением, учитывающим возможные осадки;
- применением эластичных трубных соединений в местах расположения газовых скважин и частично в коллекторных системах;
- устройством контролируемых оголовков газовых и дренажных колодцев, а также соединений в газоулавливающих трубопроводах;

- созданием требуемых уклонов.

Качественные характеристики вредных газов определяют сильную коррозию металлических конструкций, токсичность газов, необходимость очистки газов соответственно их дальнейшему использованию. Во избежание этого, в конструкциях целесообразно использовать синтетические материалы, отводить галогенизированные углеводороды и сероводород с целью уменьшения коррозии, сжигать газы при высоких температурах (1200°C) с целью предотвращения образования диоксида и фурана, а также производить очистку дымовых газов.

Стоимость газоочистки возрастает, однако получаемый газ можно использовать для нагрева воды, производства энергии, получения автомобильного топлива, бытового газоснабжения (при качестве, соответствующем природному газу).

С экономической точки зрения для дегазации необходимо использовать такие устройства и технологии укладки, которые при низких затратах обеспечивают концентрированную дегазацию. Поэтому следует еще раз упомянуть о преимуществах селективного складирования подлежащих дегазации материалов, т.к. локализация этих материалов позволяет уже на ранней стадии эксплуатации свалки проводить мероприятия по ее дегазации, контролю и охране труда. Такая технология укладки является экономически очень выгодной, так как, например, сооружение одной газовой скважины обходится примерно в 50000 DM. К тому же после окончания эксплуатации свалки становится возможной целенаправленная утилизация отходов.

В течение всего времени эксплуатации свалки разрабатывается комплекс инженерных мероприятий по дегазации и дальнейшему использованию газа с целью предотвращения его вредного воздействия на окружающую среду.

Установка по дегазации состоит из следующих основных элементов:

- газовых коллекторов (вертикальные вакуумные газовые скважины диаметром 400-600 мм), которые бурят в массиве свалки; в оголовке газовой скважины имеются регулирующие устройства для забора газа и сточных вод; расстояние между колодцами составляет от 50 до 60 м; колодец, выполненный в виде перфорированной трубы из синтетических материалов, имеет диаметр 150 мм. Затрубное пространство (150-600 мм)

заполняется гравийно-щебеночным материалом (известняковая основа заполнителя не допускается);

- системы газоотводных трубопроводов (в области низкого давления) которые прокладываются над откосами в места возможного оседания; эти коммуникации соединяют между собой от 4 до 5 газовых скважин и обеспечивают отвод газа в газосборники;
- систем газоулавливающих трубопроводов, которые в области низкого давления отводят газ в газосборники и оснащены измерительной регулирующей и контрольной аппаратурой;
- дренажных систем в трубопроводах в самых глубоких точках отводной системы для накопления и отвода конденсата;
- газодобывающих установок, а именно, компрессоров для создания вакуума при добыче газа и его отвода с целью очистки и утилизации;
- газовых трубопроводов, т.е. вакуумных систем трубопроводов;
- машинного отделения с установками для очистки и переработки газа, включая распределительные устройства и систему охраны труда (например, системы контроля за качеством газа, регулирующие механизмы типа автоматического переключения установок на сжигание газа в случае появления газов, не подлежащих переработке или при выбросе газов);
- системы защиты от взрывов, которая имеет первостепенное значение для обеспечения безопасности работ;
- газового факела, с помощью которого производится сжигание газа при выходе из строя установок по переработке газа; это устройство также оснащено регулирующей и контрольной аппаратурой, а также системой безопасности, что очень важно в случае возникновения опасности образования вредных веществ в процессе сгорания газа.

На рис. III.29 изображены основные элементы системы дегазации свалок, используемые в настоящее время в Германии.

Для дегазации свалки с вертикальными элементами применяются уже названные газовые скважины, преимуществами которых являются высокая степень производственной безопасности, захват процессом дегазации всего массива свалки, обеспечение визуального контроля газоулавливающих систем, а также возможность

дополнительного контроля за уровнем фильтрационных вод и их откачки.

Следует отметить недостатки этой системы:

- ограничение глубины бурения свалок диапазоном до 30 м по экономическим соображениям;
- поднятие скважин над поверхностью свалки в результате оседания тела свалки;
- запаздывание добычи газа (по сравнению с горизонтальными установками);
- ограничение зоны дегазации (начиная с 5 м от поверхности) с целью исключить попадание в массив свалки кислорода.

Перечисленные недостатки делают необходимым проведение таких мероприятий, как горизонтальная дегазация оснований свалки области, близкой к ее поверхности, а также создание газонепроницаемых экранов. Для дегазации применимы также газовые шахты из перфорированного сборного бетона, что аналогично использованию в газовых скважинах полиэтиленовых труб и засыпки их. Это позволяет осуществить монтаж имеющегося на свалке оборудования, добычу газа и всех слоев свалки, а также обеспечить контроль фильтрационных вод и регулирование их уровня.

Однако, при использовании бетонных шахт значительно усложняется процесс укладки мусора, функционирование системы газоотбора возможно лишь после формирования свалки, возникают дополнительные нагрузки на стенки (крепь) шахт за счет «отрицательного трения», до закрытия свалки распространяются запахи и существует угроза здоровью людей в связи с выделением газа.

Возможным инженерно-техническим решением по дегазации является забивка зондов или трубок в массив свалки. Метод отличается быстротой исполнения, использование консольных трубопроводов, пригодность для визуального контроля, отсутствие осадков мусора.

К недостаткам этой технологии следует отнести небольшую глубину проникновения зондов и связанную с этим частичную дегазацию (перфорирована только нижняя треть трубки), незначительный радиус действия, использование большого количества газосборных труб, в которых скапливается вода и возникает опасность замерзания.

Методика удобна для проведения промежуточных очистных работ при выбросах газа в приоткосных зонах или на участках, где не требуется дегазация на большой глубине, а также при взятии проб газа.

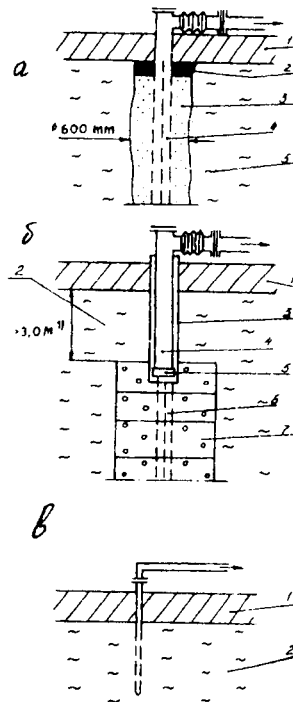


Рис. III.29 Элементы системы дегазации

а) газовый колодец

1 - покровный слой; 2 - изоляция (бентонит); 3 - щебень, гравий; 4 - фильтровая труба из полиэтилена высокой плотности; 5 - дегазируемый материал

б) - дегазационная шахта

1 - покровный слой; 2 - компенсирующая осадки подушка из бытового мусора (примерно 18-20% от общей высоты свалки); 4 - полиэтиленовая труба (неперфорированная); 5 - резиновая муфта; 6 - полиэтиленовая фильтровая труба; 7 - бетонные кольцевые элементы с гравийным заполнением, перфорированные

в) - газовый зонд

1 - покровный слой; 2 - дегазируемый материал

Схема системы дегазации выглядит следующим образом.
СИСТЕМЫ ДЕГАЗАЦИИ

горизонтальная		Вертикальная
Прокладка горизонтальных элементов системы газоотбора (трубы, гравийные фильтры)	Принцип	Создание вертикальных устройств газоотбора (газовые скважины, газовые колодцы с гравийной или щебеночной засыпкой)
легко монтируется в период эксплуатации свалки; газ мгновенно собирается и используется; отсутствуют препятствия для рекультивации	Достоинства	достаточно большой объем газоотбора; отсутствие препятствий формированию свалки; невосприимчивость к осадкам тела свалки
высокая чувствительность к осадкам и смещениям массива свалки; неполный газоотбор; подлежат очистке	Недостатки	возможность монтажа и использования только после завершения укладки отходов; осуществление газоотбора с большим опозданием; отрицательное воздействие газа на персонал и окружающую среду в период эксплуатации свалки.

На рис. III.30 представлена схема газоотбора на наземных свалках и пути его использования.

В заключении отметим:

1. Дегазация свалок, содержащих органические вещества, определяется необходимостью охраны окружающей среды и труда.

2. «Свалочный» газ является энергоносителем и представляет интерес для прилегающих к свалке районов, большей частью сельских.

3. Для повышения экономичности систем дегазации свалок и их последующего использования необходимо раздельное складирование отходов. Наиболее эффективной концепцией дегазации является сочетание горизонтальных элементов дегазации (в местах повышенной опасности оседания, особенно, в основании свалки) с вертикальными газовыми скважинами в сочетании с вакуумными установками.

4. Масштабы дальнейшего использования свалочного газа достаточно широки и распространяются на систему горячего водоснабжения и отопления, садоводство, производство электроэнергии, получение топлива для транспорта, работающего на свалке, газификацию, производство топлива для установок по сжиганию мусора и т.д.

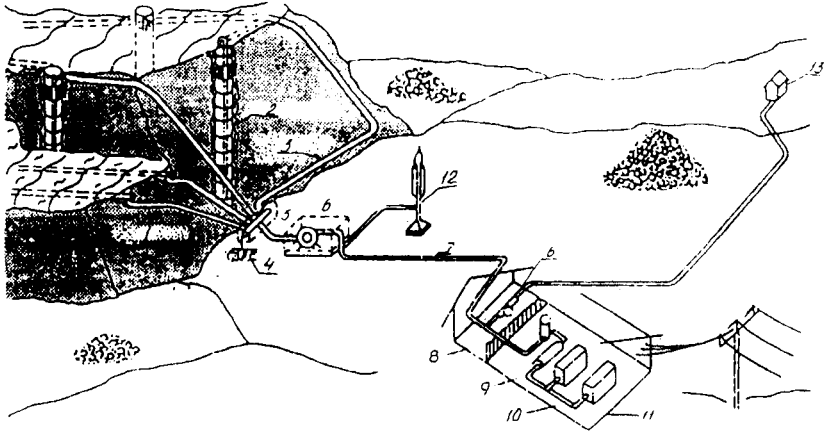


Рис. III.30 *Схема газоотбора и использования газа наземной свалки:*

1 - Газовые дренажи; 2 - газовый коллектор; 3 - газосборная линия; 4 - устройство для водоотбора; 5 - площадка для газовой емкости; 6 - газовый насос; 7 - транспортный газопровод; 8 - 1-ый потребитель; 9 - газоочистка; 10 - утилизация отходов; 11 - машинный зал; 12 - газовый факел; 13 - 2-ой потребитель

5. Взрывобезопасность должна обеспечиваться техническими средствами и мероприятиями по контролю.

6. С целью оптимизации затрат на сооружение установок по дегазации необходимо поэтапное проектирование, что обеспечивает оперативную корректировку технических решений.

Мероприятия по контролю

Необходимые мероприятия по контролю и способы их проведения зависят от таких факторов, как тип свалки (свалка бытовых отходов, специальная свалка, инертная свалка); ее расположение (на отвале, склоне, в котловане, старых горных выработках); геологические и гидрогеологические условия; технология укладки отходов (раздельное или смешанное складирование).

Мероприятия по контролю относятся к областям геотехники, гидрогеологии и гидрологии. Основные направления контрольных мероприятий отражены в табл. III.10.

Дополнительно проводится первоначальный контроль качества отдельных элементов складироваемых материалов, например, шламов и пыли, которые в свою очередь определяют характер и совместимость свалки с окружающей средой. Для реализации проектных возможностей свалки также необходим инструктаж водителей транспортных средств. Место укладки и характеристики укладываемых материалов регистрируют и заносят в компьютер. Наличие банка данных по свалке обеспечивает возможности ее реконструкции, принятия мер в аварийной ситуации и др. Представленные конструктивные, производственные и метрологические мероприятия способствуют экологически безопасной эксплуатации свалки.

По вопросу последующего контроля необходимо сделать еще ряд замечаний. Продолжительность эксплуатации свалки значительно меньше продолжительности жизни человека и составляет обычно 10-15 лет. Продолжительность физико-химических и, прежде всего, биологических процессов составляет примерно 30 лет до момента их затухания. Поэтому после завершения эксплуатации свалки и изоляции ее поверхности необходимо осуществление контроля и составление ежегодного отчета о состоянии свалки с данными о геотехнических показателях, изменениях качества сточных вод и их объеме, качестве и объеме газа, температурных и атмосферных условиях.

ТАБЛИЦА III.10

ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Показатели	Методы	Цикличность
Физико-механические параметры минеральных изоляционных материалов и отходов свалки, специальные реологические характеристики шламов, пыли и золы:		
Технология укладки/нормативы укладки	В условиях полигона	При изменении укладки материалов
Изменения консистенции и сопротивления сдвигу	Определение влажности, прибор кольцевого среза/зонд с поворотной крыльчаткой, методы пикнометрический, гидростатического взвешивания	По программе исследований
Плотность	Стабилометр, одометр	По строительным нормативам
Проницаемость	Полевые замеры	
Осадки	Нивелирование, измерения по реперам, аэрофотограмметрия, инклинометрия	раз в полгода
Угол откоса		раз в полгода
Водный режим:		
Осадки атмосферные	Осадкомер	ежедневно
Испарение	Полимер	ежедневно
Объем сточных вод	Замеры расхода воды в стоках и дренажных канавах (измерительные устройства, мерные емкости)	раз в неделю
Температура сточных вод	Max-Min-Термометр	ежедневно
Уровень воды в отстойниках фильтрационных вод	Пьезометры	раз в неделю
Уровень воды в массиве свалки	Пьезометры, газовая скважина	раз в месяц
Уровень воды вокруг свалки	пьезометры	раз в месяц

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ III.10

Показатели	Методы	Цикличность	
Качество воды:			
В дренажах сточных вод	химический экспресс-анализ полный химический анализ	раз в неделю раз в квартал	Последующий контроль в течение ≥ 10 лет после прекращения эксплуатации свалки
В резервуаре отходов	химический экспресс-анализ полный химический анализ	раз в неделю раз в месяц	
В коллекторах поверхностных вод	полный химический анализ	при необходимости/после выпадения осадков	
В грунтовых водах массива свалки	химический экспресс-анализ полный химический анализ	раз в месяц раз в квартал	
На выходе из очистной установки	химический экспресс-анализ полный химический анализ	ежедневно раз в неделю	
В водоприемнике	химический экспресс-анализ полный химический анализ	раз в неделю раз в месяц	
Газовый режим:			
Объем при нормальных условиях	счетчик		
Состав: +CH ₄ ,H ₂ +CO ₂ +O ₂ +N ₂ +H ₂ S	соответствующие измерительные приборы	постоянно ежедневно	
+другие составляющие	газохроматограф	раз в неделю	
температура газа	термометр	постоянно	
технический контроль дегазационной установки	—	раз в квартал	

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ III.10

Показатели	Методы	Цикличность	
теплотворная способность газа	калориметр	постоянно	Последующий контроль в течение ≥ 10 лет после прекращения эксплуатации свалки
взрывоопасность	CH ₄ , O ₂	постоянно с применением сигнального устройства	
- при пожаре	замеры CO,SO ₂		
- установка по обогащению газа	автоматический контроль состава газа с автоматическим отключением факела,автоматическое отключение использования газа при его утечках	постоянно	
Направление ветра/сила ветра/температура воздуха/атмосферное давление	соответствующие измерительные приборы	постоянное наблюдение в течение всего периода эксплуатации свалки	
Почвы	определение загрязнения почвы в районе свалки		

Ведомства, ведающие надзором, должны определить время прекращения контроля, его масштабы и наиболее важные моменты в годовом отчете, а также когда и в каком объеме должен быть представлен завершающий отчет о состоянии свалки. Время последующего контроля может составлять 10-15 лет. Затраты на такой контроль за указанный период весьма значительны (от 500 тыс. до 1 млн. DM) и поэтому их следует предусматривать еще на стадии проектирования свалки.

6. Эксплуатация свалки

Инженерно-строительная концепция проектирования свалки должна быть подкреплена обширной системой контроля с целью

проверки безопасности барьеров и обеспечения непрерывной информацией при ее эксплуатации. Информация должна включать сведения о порядке укладки материала и технологии ведения работ; количественные показатели осадки тела свалки и грунтов ее основания, коэффициенты фильтрации экранов и массива отходов, объем и качество сточных вод, объем и качество газа.

Для шламов необходимо регистрировать влажность и сопротивление вращательному срезу.

Независимо от типа свалки, укладка материалов требует разработки инструкций, которые определяют высоту засыпки (слой < 2,5 м), высоту укладки (слоями < 2,0 м с применением гусеничного оборудования), мероприятия по уплотнению, типа укладки для различных материалов (мусор, щебень, шламы), последовательность укладки (от периферии к центру), мероприятия по изоляции (промежуточная изоляция).

Инструкциями предусматривается достижение высокой плотности, наименьшей проницаемости, предупреждение обрушения откосов и ограничение осадок.

Задачами предварительного контроля являются:

- проверка допустимых объемов и характеристик материалов;
- взятие и экспресс-анализ проб поступивших материалов в лаборатории, принадлежащей свалке;
- ознакомление производителя отходов с местом их укладки;
- выполнение подрядчиком инструкций по укладке материалов.

Для повышения плотности укладки материала применяются компакторы (рис. III.31).

7. Обеспечение качества при строительстве и очистных работах на свалке

В проектной документации по свалке следует учитывать, что различные инженерные элементы должны сооружаться поэтапно, отдельно друг от друга, в соответствии с требованиями обеспечения качества.

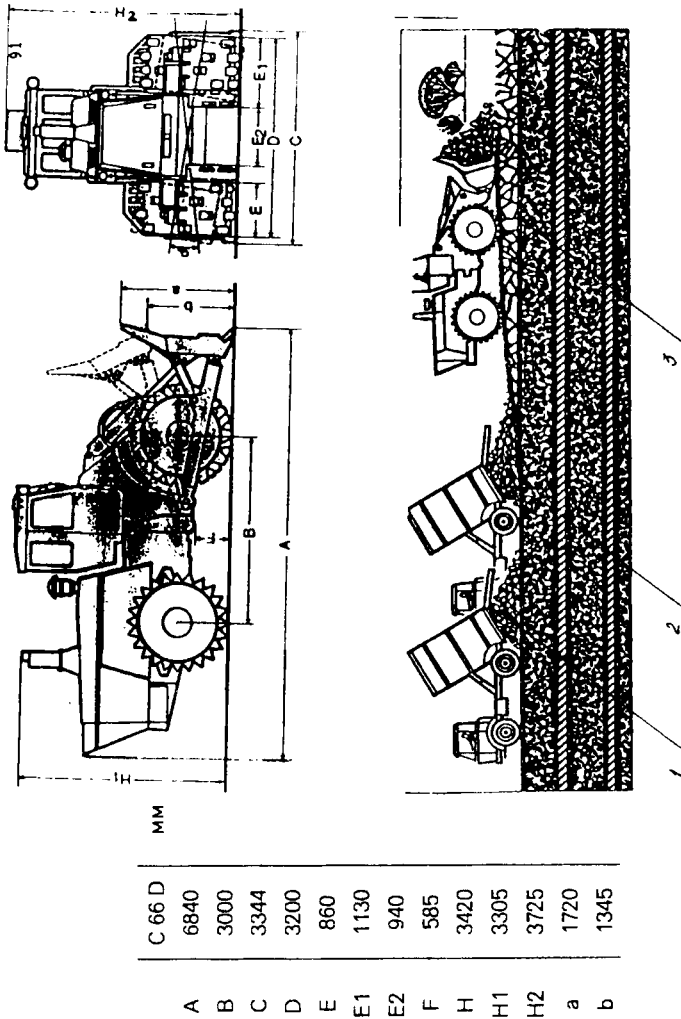


Рис. П.31 Компактор:

1 - слой складываемого материала; 2 - промежуточный изоляционный слой; 3 - уплотненный материал

Например, при сооружении изолирующей системы или каких-либо других элементов свалки необходимо проведение профессиональной экспертизы складировемых материалов с целью выполнения требований концепции безопасности. Объем исследований и экспертиз определяется концепцией свалки в соответствии с рекомендациями проектного бюро.

Таким образом, качество комплекса свалки в целом предполагает качество отдельных его узлов в соответствии с техническим уровнем и критерием качества.

План обеспечения качества

Технический проект должен определить объем программы по обеспечению качества и отдельные положения экспертиз. Эта программа содержит требования к используемым материалам и инженерным мероприятиям.

Все выполняемые инженерные работы и используемые стройматериалы должны подвергаться анализу на пригодность (например, такому анализу подвергаются минеральные изолирующие материалы для оснований и поверхности). До начала строительства все изолирующие материалы и технологии проходят полигонные испытания, а их результаты являются исходными параметрами плана обеспечения качества при проведении инженерных работ. Этот план должен также определить ответственность и задачи строительного надзора, описание возведения системы изоляций с указанием процессов, подлежащих повторной проверке, тип и количество экспертиз на качество поставляемых стройматериалов (первичный анализ), анализ после их использования (экспертиза) и конечная экспертиза.

Собственная и независимая экспертизы, контрольные наблюдения

Обеспечение качества осуществляется по меньшей мере в два этапа, а именно, на основе собственной экспертизы изготовителя и посредством независимой экспертизы, проводимой независимым институтом или инженерным бюро по поручению и согласованию между заказчиком и надзорным учреждением.

Эти экспертизы включают проведение первичного анализа стройматериалов, анализ их после использования и повторную проверку всех свойств веществ и функций, влияющих на качество работ. Независимая экспертиза проводит присмочные испытания с учетом результатов предыдущих экспертиз. Исследования, проводимые собственными и независимыми экспертами, должны быть тщательно задокументированы. Документация является составной частью акта приемки.

Окончательная приемка осуществляется надзорным ведомством. При этом должны быть представлены полная документация и результаты оценки объекта независимыми экспертами, в которых отражены план введения в строй отдельных мощностей и всего объекта, а также требования по обеспечению качества.

Например, для обеспечения качества минеральных изоляционных систем существуют следующие требования. К изоляционной системе свалки относятся все изоляционные элементы оснований свалки и ее поверхности. Система изоляции состоит из опоры, изоляции (основания и поверхности) и защитного (разделительный слой), дренажного, дегазационного и контрольного слоев. Каждый из элементов подлежит контролю на качество. Опора изоляции является несущим основанием для всей системы изоляции. Пригодность грунтов, а также возможность оседания и обрушения проверяют еще на стадии разработки проекта и учитывают при последующих работах.

Силами собственной и независимых экспертиз определяют: качество грунтов и соответствие их пригодности; достаточность несущей способности основания и поверхности массива отходов; допустимость отклонений отметок поверхности подошвы массива свалок.

При производстве работ необходимо установить:

- идентичность укладываемого материала путем определения грансостава, пределов пластичности, водопоглощения и влажности (на каждую 1000 м^2),
- влажность при закладке, однородность укладываемых материалов, количество проходов катка, добавки воды (на каждые 10000 м^2),
- кусковатость, степень дробления, а также объем примесей и дозировка многокомпонентных смесей в смесителе (на каждую 1000 м^2);

- плотность в отдельных слоях, наличие ровной поверхности, достижение расчетных отметок (на каждые 500 м^2),
- уплотненность и однородность изолирующего слоя (на каждую 1000 м^2),
- проницаемость изолирующего слоя путем определения коэффициента фильтрации (на каждые 500 м^2).

При использовании смеси изолирующих разнозернистых материалов нужно проверить сохранность однородности при транспортировке, укладке и уплотнении.

Каждый изолирующий слой подлежит уплотнению. При уплотнении следует принимать количество проходов катка в соответствии с результатами полигонных испытаний, а также проверять размерность уплотнения. Для определения степени уплотнения исследуют пробы ненарушенной структуры, отбираемые во всех изолирующих слоях, а также оценивают характеристики по контактам между отдельными слоями.

При укладке изолирующего слоя необходимо контролировать показатели влажности, используя для этого сушильный шкаф или микроволновый аппарат; при правильной калибровке можно использовать изотопный зонд.

Главными объектами опробования являются экраны из синтетических материалов, вертикальные экраны (изолирующие стенки), дренажные устройства (трубы, фильтрующие полотна-прокладки, пластиковые гравийные дренажи), массив отходов. При выявлении слабых участков они исследуются дополнительно для надежного оконтуривания и последующего упрочнения.

Обеспечение безопасности при укладке отходов предусматривает создание устойчивых внешних откосов и поверхности с достаточной несущей способностью на основе определения критериев укладки материалов.

Контроль идентичности материалов отходов включает:

- визуальную оценку; дополнительные определения влажности и консистенции в тонкозернистом и смешанном грансоставе;
- сравнение результатов собственных испытаний с данными поставщика отходов;
- повторное взятие проб для лабораторного определения влажности и консистенции.

Классификация доставленных на свалку отходов имеет решающее значение в определении места укладки, особенно для уча-

стков откосных сооружений. Наличие определенных материалов может исключить складирование вообще.

Критериями классификации являются состав отходов и консистенция тонкодисперсных и смешанных материалов.

После доставки материалов обязательна их проверка на однородность. Параметры однородности мелко- и разнозернистых материалов проверяются в лабораторных условиях для каждой пятой поставки.

После проверки на соответствие материалов согласно их консистенции и в зависимости от места укладки производится опытная укладка, которая определяет высоту засыпки, тип оборудования для уплотнения, количество укаток, методы анализа, цикличность проверок и т.д.

Результаты проверок на соответствие материалов, как и экспертиз на качество, документируются и являются важным составным элементом последующего контроля и безопасного сооружения свалки.

8. Рекультивация и воссоздание ландшафта

Мероприятия по рекультивации должны быть определены при проектировании свалки. Уже на стадии строительства свалки инженерно-технические работы и мероприятия по технике безопасности осуществляются с учетом предполагаемого типа рекультивации. Возможные инженерно-технические решения, связанные с рекультивацией, охватывают, в основном, вопросы безопасности свалки. Например, изоляция поверхности с помощью уплотненных экраняющих слоев, используемых в дальнейшем как базис для производства работ по озеленению.

Возможно также строительство транспортных коммуникаций или создание искусственных оснований применительно к другим направлениям последующего использования восстановленной территории свалки. Осуществление подобных проектов должно быть предусмотрено с момента формирования свалки. Тип рекультивации следует учитывать при выборе геометрических параметров оснований, мест и технологии укладки различных отходов, мероприятий по изоляции и др.

Эти соображения должны учитываться также местной администрацией при решении вопроса землеустройства.

Проектные решения по рекультивации свалок и воспроизведения ландшафта начинают реализовывать с момента образования свалки при осуществлении мероприятий по частичной и промежуточной изоляции, озеленению и т.д.

9. Природоохранные и очистные мероприятия на старых свалках

Исходные положения

Очистные мероприятия охватывают технические работы по приведению старой свалки в состояние, соответствующее современным требованиям с обязательным наличием необходимых барьеров (в естественном состоянии, изоляции оснований и их осушение после очистных работ, переработки отходов, изоляции поверхности и дегазации).

Охранные мероприятия преследуют цель снижения негативного воздействия старой свалки на окружающую среду без выполнения современных требований в полном объеме.

К таким мероприятиям относится, например, изоляция поверхности старой свалки, обеспечивающая сокращение проникновения загрязненных вод из тела свалки в грунт и грунтовые воды, в случаях, когда создание систем изоляции и осушения оснований невозможно.

Благодаря охранным мероприятиям уменьшается распространение вредных веществ, однако не исключаются полностью процессы выщелачивания.

Ниже рассматриваются 5 положений, принимаемых во внимание при планировании и выборе методов борьбы с опасным воздействием старых свалок.

1. Для определения задач очистных и охранных мероприятий следует установить масштабы возможного опасного воздействия старой свалки на почву, воду, растительный и животный миры, человека.

2. Реализованы могут быть два типа различных технологий:

- устранение вредных веществ, преобразование их в безопасные материалы, или изоляция на длительный срок, то есть очист-

ные работы; к ним относится, например, перезахоронение вредных веществ на вновь сооруженной свалке;

- меры по нераспространению вредных веществ, например, путем создания гидравлических барьеров (охранное мероприятие).

3. Возможные вредные вещества могут быть подразделены на две группы:

- вещества, которые в результате биологических, химических или физических процессов преобразуются в безопасные,
- вредные вещества, которые по своим химическим качествам (например, тяжелые металлы) не подлежат преобразованию.

4. Как очистные, так и охранные мероприятия не в состоянии полностью исключить присутствие в старой свалке вредных веществ и их негативное воздействие. Поэтому следует определять степень очистки или охраны.

5. Любое мероприятие по очистке или охране оказывает негативное влияние на окружающую среду, что определяет необходимость проведения специальной экспертизы.

Приведенные пять положений показывают, что работы по очистке и охране старых свалок следует выполнять с использованием индивидуальных решений для каждого объекта.

Выбор технологий

Выбор технологий должен отвечать следующим требованиям:

1) возможность реализации проекта (уровень развития технологии, разрешение на применение, рекомендации)

2) соответствие местным условиям с учетом вредных веществ (типа, количества, распределения), геологических и гидрогеологических условий, застроенности территории, инфраструктуры свалки

3) возможность реализации охранных и очистных мероприятий:

- постановка задач очистных и охранных мероприятий,
- определение основных и второстепенных вредных веществ,
- реальный и запланированный эффект (степень защиты),
- необходимое время реализации проекта,

- медицинское и токсикологическое освидетельствование результатов очистных работ

4) проведение экспертизы по безопасности для окружающей среды с определением и изучением возможных путей распространения вредных веществ, возможностей использования химикатов, энергозатрат, ликвидации остаточных продуктов, привлечение людских ресурсов, совершенствования запланированных мероприятий.

5) изучение концепции безопасности, включая охрану труда, защиту населения, безопасность используемых технологий.

6) экономическая эффективность мероприятий, которая определяется прямыми, косвенными и последующими затратами, а также возможностями финансирования.

В качестве технологий для проведения охранных и очистных работ используются:

- упрочнение-локализация вредных веществ на основе физических и химических преобразований;
- гидравлические методы (изменение направления движения грунтовых вод, заборы воды с целью очистки, дренаж оснований);
- герметизация тела свалки за счет изоляции поверхности сооружения изолирующих экранов в качестве уплотнения грунтов и последующей изоляции оснований;
- предотвращение распространения газов (газосбор, отвод газа и его использование).

Наибольшее распространение получил в настоящее время метод капсуляции (герметизации) старых свалок, как наиболее известный и проверенный временем. Возможные пути распространения вредных веществ на старой свалке показаны на рис. III.32 и рис. III.33.

Целью герметизации является предотвращение распространения вредных веществ или их канализирование. При реализации специальных мероприятий прекращается вредное воздействие на воду, почву и воздух. Химические, физические и биологические свойства отходов при этом не изменяются.

Методы герметизации предусматривают создание систем вертикальных экранов (стена в грунте, шпунтовая стенка, свайная стенка), горизонтальных экранов (в основании свалки и на ее поверхности) в сочетании с дренажем основания.

В зависимости от запланированной степени очистки или безопасности и от местных условий, эти системы применяются по отдельности или в сочетании. Возможно также дополнительное использование гидравлических методов или технологии изоляции редных веществ.

Необходимыми требованиями системы изоляций являются плотность и устойчивость к воздействию осадков, сточных вод, газов, вредных веществ и микроорганизмов.

Вертикальные системы изоляций должны, по возможности, сочетаться с естественными малопроницаемыми слоями или с дополнительно созданными экранами в основании (сложная техническая задача). Возведенное таким образом ложе ограждает отложения свалки от окружающего породного массива. Вертикальные экранирующие системы также препятствуют перемещению газов.

Не все системы вертикальных экранов обеспечивают необходимую изоляцию массива свалки. При наличии многочисленных зазоров (потенциальных пустот), недостаточной толщине экранов, отсутствии устойчивости к воздействию сточных вод, ненадежных технологий, целесообразно применение щелевого метода (простая или комбинированная изоляция), который отвечает всем необходимым требованиям. Особенностью метода является нагнетание в щель во время ее выемки суспензии, которая, затвердевая, становится изолирующим материалом. Рецептúra изолирующего материала на 1 м составляет: 30-50 кг бентонита, 200 кг цемента и вода. Технология использования однородного материала с самотвердеющей суспензией обеспечивает достижение коэффициента фильтрации $k = 1 \cdot 10^{-10}$ м/с.

Существует также технология создания щелей с использованием двух различных материалов. В процессе создания щели для обеспечения устойчивости стенок используется глинистая суспензия, а затем в качестве изолирующего материала применяется глинистый бетон. Изолирующий материал состоит из наполнителя (породная мука, пески), глины, бентонита, цемента, воды. Подобные изолирующие экраны могут сооружаться на глубину до 1000 м. Дальнейшие разработки в области техники щелевых экранов определили следующие рекомендации:

- при наличии сильно загрязненных сточных вод целесообразно нагнетание известнякового бентонита с предварительным использованием глинистой суспензии ($k = 1 \cdot 10^{-11}$ м/с);
- использование комбинированных изолирующих экранов, экранирующие полотна и самотвердеющая суспензия (техно-

логия использования однородного материала), позволяет управлять полностью и устойчивостью изоляций;

- использование двойного комбинированного изолирующего экрана является эффективным методом вертикальной изоляции; возможность использования дренажа;
- сточных вод дает эффект полной изоляции.

Результаты контрольных определений во времени (до 50 суток после создания экранов) водонепроницаемости изолирующих материалов представлены на рис. III.34. Глиноцементные материалы обладают высокой устойчивостью к химическим воздействиям.

Если старая свалка не имеет экрана в основании, может возникнуть необходимость последующего создания такого экрана. Подобные конструкции являются чрезвычайно дорогостоящими в технико-экономическом отношении. Успех мероприятий по экранированию при этом весьма проблематичен из-за высоких требований к качеству экранов.

Сдвоенные экраны применяются для предупреждения загрязнения подземных и поверхностных вод. На рис. III.35 показана схема двойного вертикального экрана.

Для защиты подземных вод осуществляется профилирование поверхности свалки и покрытие ее минеральным экраном. Промежуточный экран служит для изоляции поверхностных вод от нижележащего мусора, а также играет роль нижнего экрана при последующей укладке отходов.

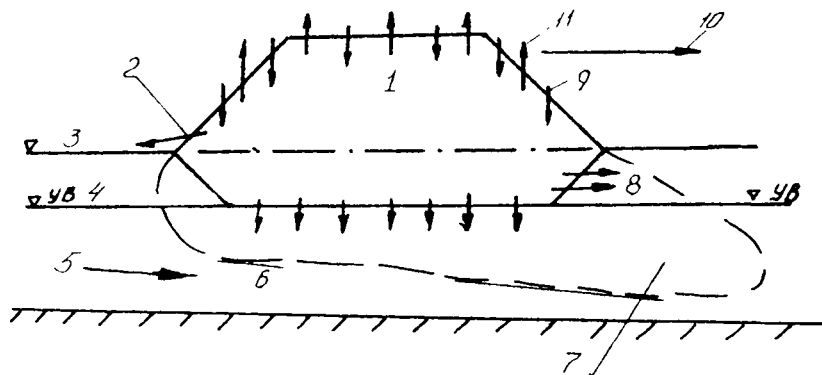


Рис. III. 32 Возможные пути распространения вредных веществ:

1 - старые отложения; 2 - сточные воды с вредными веществами; 3 - отметка дневной поверхности; 4 - уровень грунтовых вод; 5 - направление движения грунтовых вод; 6 - распространение вредных веществ с током фильтрационных вод; 7 - следы вредных веществ; 8 - выход газов; 9 - осадки; 10 - направление ветра; 11 - газ

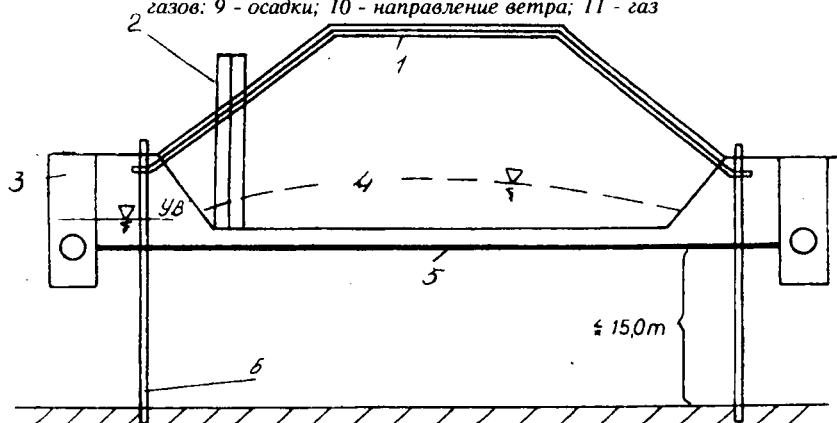


Рис. III. 33 Специальные мероприятия по предупреждению распространения вредных веществ

1 - поверхностный экран (изоляция); 2 - отходы; 3 - колодцы для водо- и газоотбора; 4 - экран в основании; 5 - вертикальная изолирующая стенка; 6 - изолирующий слой

логия использования однородного материала), позволяет управлять полностью и устойчивостью изоляций;

- использование двойного комбинированного изолирующего экрана является эффективным методом вертикальной изоляции;
- возможность использования дренажа; сточных вод даст эффект полной изоляции.

Результаты контрольных определений во времени (до 50 суток после создания экранов) водопроницаемости изолирующих материалов представлены на рис. III.34. Глиноцементные материалы обладают высокой устойчивостью к химическим воздействиям.

Если старая свалка не имеет экрана в основании, может возникнуть необходимость последующего создания такого экрана. Подобные конструкции являются чрезвычайно дорогостоящими в технико-экономическом отношении. Успех мероприятий по экранированию при этом весьма проблематичен из-за высоких требований к качеству экранов.

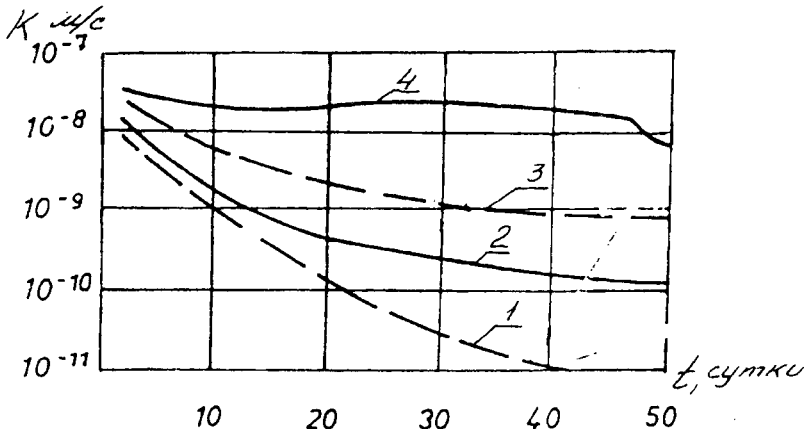


Рис. III.34 Изменения во времени водопроницаемости изолирующих материалов:

1, 2 - Са-бentonит/цемент ($200/175 \text{ кг/м}^3$); 3, 4 - На-бentonит/цемент ($45/200 \text{ кг/м}^3$) при использовании в качестве контрольной жидкости дистиллированной воды (1,3) и сточных вод

Сдвоенные экраны применяются для предупреждения загрязнения подземных и поверхностных вод. На рис. III.35 показана схема двойного вертикального экрана.

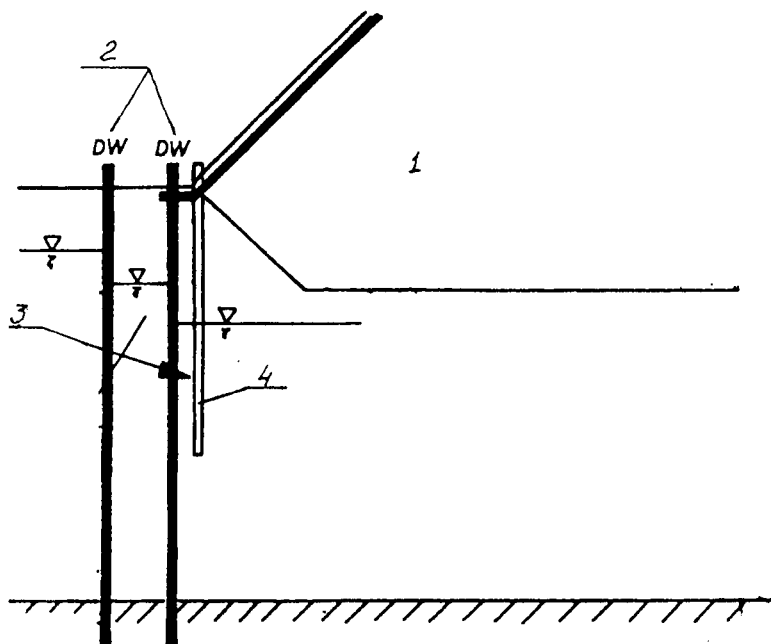


Рис. III.35 Двойное экранирование:

1 - отходы; 2 - изолирующие стенки (завесы); 3 - направление потока сточных вод; 4 -- оценка плотности завесы по качеству воды и путем контроля уровня воды; 5 - скважина для снижения уровня грунтовых вод

Для защиты подземных вод осуществляется профилирование поверхности свалки и покрытие ее минеральным экраном. Промежуточный экран служит для изоляции поверхностных вод от нижележащего мусора, а также играет роль нижнего экрана при последующей укладке отходов.

1. Законы РФ:

- 1.1. «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.91 №2060-1.
- 1.2. «О недрах» от 21.02.92 № 2395-1.
- 1.3. «О плате за землю» от 11.10.91 б/м.
- 1.4. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 19.04.91.

2. Директивные постановления:

- 2.1. СМ СССР от 03.05.84 № 394 «Об утилизации, обезвреживании и захоронении токсичных промышленных отходов».
- 2.2. СМ РСФСР от 12.06.84 №250 «Об утилизации, обезвреживании и захоронении токсичных промышленных отходов».
- 2.3. СМ РСФСР от 30.01.85 №46 «О серьезных недостатках в использовании ВМР в народном хозяйстве РСФСР».
- 2.4. СМ РСФСР от 18.03.88 № 93 «О коренной перестройке дела охраны природы в РСФСР».
- 2.5. СМ РСФСР от 16.03.90 № 93 «О неотложных мерах по оздоровлению экологической обстановки в РСФСР в 1990-1995 гг. и основных направлениях охраны природы в XIII пятилетке и на период до 2005 года».
- 2.6. ВС СССР от 27.11.89 «О неотложных мерах экологического оздоровления страны».
- 2.7. Правительства РФ от 03.08.92 № 545 «Об утверждении порядка разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов».
- 2.8. Правительства РФ от 28.08.92 № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение

окружающей среды, размещение отходов, другие виды воздействия».

- 2.9. Правительства РФ «Положения о Минприроды России» от 18.12.92 № 996.

3. ГОСТы и ОСТы:

- 3.1. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 3.2. ГОСТ 17.0.0.04-90 Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения. Госстандарт СССР.
- 3.3. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Госстандарт СССР.
- 3.4. ГОСТ 12.0.003. Опасные и вредные факторы.
- 3.5. ГОСТ 25916-83. Ресурсы материалы вторичные. Термины и определения.
- 3.7. ГОСТ 25100-82. Грунты. Классификация.
- 3.8. ГОСТ 17.5.1.03-78. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель.

4. Санитарные, строительные нормы и правила:

- 4.1. Санитарные правила устройства и содержания полигонов для твердых бытовых отходов. Москва, 1983, Минздрав СССР.
- 4.2. Предельное содержание токсичных соединений в промышленных отходах, обуславливающее отнесение этих отходов к категории по токсичности. Москва, 1985, Минздрав СССР, АН СССР.
- 4.3. Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов (санитарные правила), Москва, 1985, Минздрав СССР.
- 4.4. Предельное количество накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации), Москва, 1985, Минздрав СССР, Минводхоз СССР, Мингео СССР.
- 4.5. Предельное количество токсичных промышленных отходов, допускаемое для складирования в накопителях (на полигонах) твердых бытовых отходов (нормативный документ), Москва, 1985, Минздрав СССР, Минжилкомхоз РСФСР.

- 4.6. Предельное содержание токсичных соединений в промышленных отходах в накопителях, расположенных вне территории предприятия (организации), Москва, 1985, Минздрав СССР, Минводхоз СССР, Мингео СССР, Минсельхоз СССР, Госкомгидромет СССР.
- 4.7. Временный классификатор токсичных промышленных отходов и методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов, Москва, 1987, Минздрав СССР, ГКНТ СССР.
- 4.8. Строительные нормы и правила СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию, Москва, 1985, Госстрой СССР.
- 4.9. Пособие по проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов (к СНиП 2.01.28-85), Москва, 1990, Госстрой СССР.
- 4.10. Санитарные правила работы при работе со ртутью, ее соединениями и приборами с ртутным заполнением, 1988.
- 4.11. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве, Москва, 1988, Минздрав СССР, СанПин 42-128-4433-87.
- 4.12. Правила по охране труда при работе со ртутью. ПоТ-РМ-001-93, Минтруд России, 1993.
- 4.13. Правила разработки схем санитарной очистки городов РСФСР, 1986, АКХ, ЖКХ.
- 4.14. Санитарные правила содержания территорий населенных мест, Москва, 1988, Минздрав СССР (СанПин 42-128-4690-88).
- 4.15. Санитарные правила по сбору, хранению, транспортировке и первичной обработке вторсырья, Москва, 1982, Минздрав СССР.

5. Методические указания:

- 5.1. Методические указания по осуществлению государственного санитарного надзора за проектированием, строительством и эксплуатацией заводов биотермической переработки ТБО, Москва, 1979, Минздрав СССР.
- 5.2. Методические указания для органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы по контролю за реализацией

мероприятий, направленных на санитарную охрану окружающей среды от загрязнения твердыми и жидкими токсичными отходами промышленных предприятий, Москва, 1985, Минздрав СССР.

- 5.3. Методические указания по определению низких концентраций токсичных и особо токсичных веществ в различных средах и степени миграции (в различных формах) этих веществ в окружающей среде, Москва, 1986, АН СССР, Минздрав СССР.
- 5.4. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами, Москва, 1987, Минздрав СССР.
- 5.5. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды, Минприроды России, 26.01.93.
- 5.6. Базовые нормативы платы за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду и размещение отходов. Коэффициенты, учитывающие экологические факторы, Минприроды России, 27.11.92.
- 5.7. Методика по оценке экономической эффективности использования твердых отходов производства и потребления, 1986.
- 5.8. Методические указания по контролю за реализацией мероприятий, направленных на санитарную охрану окружающей среды от загрязнения отходами промышленных предприятий, Москва, 1985, Минздрав СССР.

6. Инструкции:

- 6.1. Инструкция о порядке перевозки опасных грузов автомобильным транспортом. Утверждена МВД СССР 20.11.80 № 371.
- 6.2. Инструкция по проектированию и эксплуатации полигонов для твердых бытовых отходов, Москва, 1983, Минжилкомхоз РСФСР, АКХ им. Памфилова.
- 6.3. Инструкция по методике и планированию использования отходов жилищно-коммунального хозяйства, Москва, 1986, АКХ.
- 6.4. Временная инструкция по подготовке к захоронению запрещенных и непригодных к применению в сельском хозяйстве пестицидов и тары из-под них, Рязань, 1989, ВНИПИагрохим.

7. Рекомендации:

- 7.1. Рекомендации по условиям приема слаботоксичных промышленных отходов на полигоны (усовершенствованные свалки) ТБО, 1977, АКХ, ЖКХ.
- 7.2. Методические рекомендации по контролю за использованием отходов коксохимических производств в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог, Минздрав СССР, 1984.
- 7.3. Рекомендации по проектированию и эксплуатации заводов по сжиганию ТБО, Москва, 1987, МЖКХ, АКХ.
- 7.4. Рекомендации по проектированию и эксплуатации заводов по переработке твердых бытовых отходов в компост, Москва, 1986, АКХ.
- 7.5. Рекомендации по организации сбора и планово-регулярного удаления бытовых отходов с городских территорий, КЖКХ.
- 7.6. Методические рекомендации по охране окружающей среды при применении, хранении и транспортировке пестицидов и минеральных удобрений, Москва, 1990, Госкомприрода СССР.
- 7.7. Рекомендации по определению норм накопления твердых бытовых отходов для городов РСФСР, Москва, 1982, АКХ.
- 7.8. Методические рекомендации по усилению контроля за соблюдением правил обезвреживания и захоронения токсичных отходов, Москва, 1986, Минздрав СССР.
- 7.9. Рекомендации по выбору методов и организации удаления бытовых отходов, Москва, 1985, АКХ.
- 7.10. Рекомендации по условиям приема слаботоксичных промышленных отходов на полигоны (совершенствованные свалки) ТБО, Москва, 1977, АКХ.
- 7.11. Рекомендации по выбору методов и организации удаления бытовых отходов, Москва, 1985, АКХ.
- 7.12. Рекомендации по безотходному производству: использование шлака и золы котельной, Москва, 1985, ГПИ Сантехпроект.

8. Прочие нормативные документы:

- 8.1. Положение о порядке принятия решений о выдаче лицензий на экспорт и импорт промышленных отходов, 1993, Минприроды России.
- 8.2. Методические рекомендации. Гигиеническая оценка утилизации твердых и концентрированных жидких отходов химических производств на предприятиях других отраслей промышленности, 1988, Кемерово, Минздрав РСФСР.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 | ПЕРЕЧЕНЬ ДЕЙСТВУЮЩИХ В ФРГ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОВ, НОРМ И ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ПЕРЕРАБОТКИ И СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ

1. Закон о сокращении и устранении отходов от 27.08.1986.
2. Федеральный закон о загрязняющих выбросах в атмосферу с предписаниями от 15.03.1974.
3. Техническое руководство по отходам (бытовой мусор), 1992.
4. Техническое руководство по отходам (особые отходы), 1991.
5. TA Abfall - Teil Sohredder abfall von 01.06.1991.
6. Техническое руководство по выбросам вредных веществ в атмосферу, 1989.
7. Сообщения земельных обществ по отходам. Свалки. Бюллетени 01.09.1979/01.09.1989.
8. Земельные законы об отходах/Земельные законы об охране почвы.
Отходы. Инструктивные указания. 1978.
Предписания по осветлению шламов. 1992.
Закон об использовании воды в бытовых целях. 1986.
Федеральный горный закон. 1990.
Федеральный закон о строительстве. 1986.
Закон о землепользовании. 1989.
Директивы ЕЭС по экологическим экспертизам. 1985.
Закон о заблаговременной защите населения от облучения. 1986.
9. Закон о защите от опасных веществ. 1986.
10. Закон о транспортировке опасных веществ. 1975.
11. Предписание об экологической экспертизе горнотехнических планов, 1990.
12. Закон об экологической статистике. 1980.
13. Закон об охране природы и сохранении ландшафта. 1987.
14. Предписание о нефтяных загрязнениях. 1987.
15. Предписание о сокращении упаковочных отходов. 1991.
16. Закон о предотвращении отходов, утилизации вторичного сырья и ликвидации отходов. Проект.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 | ПАСПОРТИЗАЦИЯ СТАРЫХ НАГРУЗОК

1. Общие данные

1.1. Название места расположения старых нагрузок

- 1.1.1. Название
- 1.1.2. Регистрационный номер
(дается акционерным обществом)

1.2. Расположение техногенного массива

- 1.2.1. Муниципалитет
- 1.2.2. Город /Земельный округ/
- 1.2.3. В округе земли
- 1.2.4. В ведении ведомства горного дела
- 1.2.5. В ведении дирекции водного хозяйства

1.3. Расположение техногенного массива внутри административного округа

- 1.3.1. Улица, N
- 1.3.2. Область (границы)
- 1.3.3. Общинная земля, N
- 1.3.4. Участок общинной земли - N
- точное определение границ техногенного массива определить невозможно
- Обоснование
- 1.3.5. Компетентное ведомство, имеющее в распоряжении кадастр ...

1.4. Расположение техногенного массива на топографической карте

1.4.1. N топографической карты _____

1.4.2. Положение по координатам Гаусса-Крюгера (центр массива)
фактическое значение _____ максимальное значение _____

1.5. Состояние (допускается несколько обозначений)

1. Свалка (муниципальная мусорная свалка, не имеющая разрешения)
2. Разрешенная свалка бытового мусора и т.п.
3. Строительный мусор и грунтовая выемка
4. Свалка промышленных отходов, принадлежащая фирме
5. Свалка промышленных отходов, принадлежащая частному лицу
6. Шлам
7. Моносвалка другого направления
8. Свалка специфических отходов
9. Техногенный массив, происхождение и тип отходов которого неизвестны.

1.6. Эксплуатационное состояние.

1.6.1. Находится в эксплуатации с _____ (года)

1.6.2. Предполагаемая эксплуатация до _____

/Процесс захоронения в небольших количествах продолжается; при захоронении в больших объемах внести в пункт 4.1. 2-01, указать однозначно).

1.6.3. Не эксплуатируется, время складирования

_____ - _____

1.7. Юридический аспект

1.7.1. Органы власти, давшие разрешение

.....

/название, адрес, телефон/

1.7.2. Лицо, ответственное за устранение отходов /ответчик/

.....
/имя, адрес, телефон/

1.7.3. Кто занимался эксплуатацией техногенного массива

.....
/имя, адрес, телефон/

1.7.4. Владелец на момент захоронения

.....
/имя, адрес, телефон/

1.7.5. Владелец на сегодняшний момент (день, месяц, год)

.....
/имя, адрес, телефон/

1.8. Пояснение к пункту 1.

2. Какие и в каком количестве отходы имеются.

2.1. Типы отходов, разрешенные к складированию.

0 не имеется разрешения

1 согласно разрешению от

/день, месяц, год/

имеются следующие типы отходов

2.2. Складируемые типы отходов (возможны
различные названия)

0 неизвестные типы отходов

- 1 строительный мусор и грунт
- 2 отходы коммунального характера (бытовой мусор и подобный промышленный мусор)

2.3. Имеются ли обоснованные сведения о возможности захоронения прочих отходов

(прочими считаются отходы, не относящиеся к бытовому и промышленному мусору)

0 нет сведений о существовании прочих отходов

1 наличие следующих прочих видов отходов предлагает:

№	Тип отходов	Происхождение /имя и адрес производителя/	Объем

2.4. Наличие следующих прочих видов отходов гарантирует:

№	Тип отходов	Происхождение /имя и адрес производителя/	Объем

2.5. Объем различных типов отходов

1. на сегодняшний момент
2. на еще эксплуатируемых объектах (выходные параметры)

- 2.5.1. Площадь залегания
- 2.5.2. Средняя мощность залегания
- 2.5.3. Максимальная мощность залегания
- 2.5.4. Объем уложенного материала

2.6. Вид места размещения

- 1. Шахта /выемка/
- 2. Карьер
- 3. Каменоломня /каменный карьер/
- 4. Дно долины
- 5. Борт долины
- 6. Откос, склон
- 7. Поверхность отвала

2.7. Примечания к пунктам 2.5-2.6.

3. Условия территории складирования

- 3.1. Литологический состав оснований
 - 1. Рыхлая, несвязная порода
 - 2. Рыхлая, связная порода
 - 3. Трещиноватая твердая порода
 - 4. Рыхлая порода, залегающая над трещиноватой
- 3.1.1. Типы породы
- 3.1.2 Основание свалки с естественной плотностью
0 нет, 1 да
- 3.1.3. Борта свалки с естественной плотностью
0 нет, 1 да
- 3.1.4. Свойства грунтов основания
 - по скважинам 0 нет, 1 да
 - число скважин
 - глубина бурения от поверхности

до _____ м

3.2. Характеристики грунтовых вод

3.2.1. Направление потока грунтовых вод

3.2.2. Расстояние от зеркала грунтовых вод до поверхности

1 измерено, 2 имеется характеристика, 0 нельзя установить

3.2.3. Расстояние от зеркала грунтовых вод

до основания свалки

1 измерено, 2 имеется характеристика, 0 нельзя установить

3.2.4. Места взятия проб грунтовых вод вблизи свалки

1. Удаление _____ м	Допустимое значение	Максимальное значение
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

3.3. Условия экранирования

Способ	1. Основание свалки	2. Борта свалки	3. Поверхность свалки
0 нет	0	0	0
1 глины	1	1	1
2 бентонитовые добавки	2	2	2
3 пленка из искусственных материалов	3	3	3
4 бетон	4	4	4
5 асфальт	5	5	5
6 композиции	6	6	6
7 дополнительные уплотнения	7	-	-
_____	-	-	-
_____	-	-	-

3.4. Примечания к пунктам 3.1-3.3

3.5. Обнаружение, анализ и местонахождение фильтрационных вод

3.5.1. Обнаружение фильтрационных вод

0 нет 1 да

метод.....
.....
.....

3.5.2. Анализ фильтрационных вод

0 нет 1 да

метод.....
.....
.....

3.5.3. Местонахождение фильтрационных вод

1. Инфильтрация в основании свалки
2. Инфильтрация на прилегающей территории
3. Отвод в водосборный колодец
4. Отвод в очистное сооружение (установку)
5. Сток в очистное сооружение
6. Проникновение в месте захоронения отходов

3.6. Обнаружение поверхностных вод и их отвод

0 нет, 1 да

метод.....
.....
.....

3.7. Примечания к пунктам 3.5-3.6

3.8. Обнаружение газов и их устранение, а также использование.

3.8.1. Обнаружение газов 0 нет, 1 да

- 1 пассивное
- 2 активное (отсос, вытяжка)

3.8.2. Устранение газа либо его использование 0 нет, 1 да

- 1 сжигание
- 2 использование

3.9. Примечания к пункту 3.8.

4. Нагрузки

4.1. Классификация нагрузок

Тип использования	Площадь нагрузки				
	1 до формирования нагрузки	2 использование в настоящее время	3 целевое использование	4 модель в настоящее время	5 планируемое использование
01 скопление отходов		01			
02 земледелие	02	02			
03 пастбища/луга	03	03			
04 плодоводство	04	04			
05 виноградарство	05	05			
06 лес/лесонасаждения	06	06			
07 пустошь (бесплодные) земли/отвал	07	07			
08 застройка	08	08			
09 площадь зеленых насаждений/парк	09	09			
10 спортивная площадка	10	10			
11 каменоломня/шахта/шпур	11	11			
12 отвал	12	12			

4.2. Примечание к пункту 4.1.

4.3. Положение нагрузки относительно используемых площадей.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Тип использования	Состояние нагрузки в этой местности	Удаление от границ нагрузки ближайших используемых площадей	От нагрузки в направлении
01 застройка			
02 водоохранный район			
03 водоохранный район/район с наличием целебных источников			
04			
05 поверхностные воды			
06 выход источника на поверхность			
07 затопленная территория			
08 охраняемые сельскохозяйственные угодья			
09 природоохранная территория (заповедник)			

4.4. Примечания к пункту 4.3.

5. Способ и объем восстановительных работ.

5.1. создание защитного слоя (экрана) 0 нет, 1 да.

5.1.1. Объем экрана (покрытия)

1 полный

2 частичный, покрывающий остальную площадь ____

5.1.2. Материал покрытия

5.1.3. Толщина слоя, см

5.2. Озеленение

5.2.1. Тип _____

1 естественное

2 зеленые насаждения

Описание _____

3 другой вид использования, см. пункт 4.1.

5.2.2. Рескультивация (покрытие и озеленение)

полная и завершенная 0 нет, 1 да

5.3. Примечания к пункту 5.1.-5.2.

5.4. Стройобъекты _____ 0 нет, 1 да

.....

6. Контроль (наблюдение)

6.1. Контроль за свойствами фильтрационной воды, за ходом работы установки по очистке фильтрационной воды, за грунтовыми и поверхностными водами

1 Фильтрационная вода	2 Работа установки по очистке фильтрационной воды	3 Грунтовая вода	4 Поверхностные воды
0 нет, 1 да	0 нет, 1 да	0 нет, 1 да	0 нет, 1 да

6.2. Примечания к пункту 6.1.

6.3. Наблюдения за газами свалки и устойчивостью/оседанием.

5 газ на свалке	6 устойчивость/оседания
0 нет, 1 да	0 нет, 1 да

При наблюдении за газом свалки

1. Перемещение газов
2. Выброс (выход) газов на поверхность
3. Наличие газа в строениях (зданиях)

6.4. Примечания к пункту 6.3.

7. Происшествия, вредные воздействия и их устранение

ПРИЛОЖЕНИЯ

Тип	Частота проявлений	Первое проявление (год)	Последнее проявление (год)
01 Выбросы газа, загазованность			
02 Вред, наносимый растительному миру			
03 Выход фильтрационных вод на откосах			
04 Выход фильтрационных вод из системы трубопровода			
05 Загрязнение поверхностных вод			
06 Загрязнение грунтовых вод			
07 Обрушения, обвалы			
08 Осадки			
09 Эрозионные процессы			
10 Пожары			
11 Возгорания/взрывы			
12 Рассеивание вредных веществ			

1 однократно, 2 многократно, 3 часто, 4 постоянно

7.1. Примечания к пункту 7.

8. Характеристика территории свалки (назначение, название, экспертиза, документация, публикации) и принятые меры (акты, опросы, карты, аэрофотосъемка, рекогносцировка местности)

.....

.....

9. Примечания к рассмотрению возможных мероприятий

1. Группа 1

- серьезная острая опасность
- достоверные сведения о наличии других отходов (2.3-2)
- расположение в водоохранной зоне (в зоне целебных источников)
- выброс газа, загазованность

2. Группа 2

- указание на возможное залегание других отходов (2.3-1)
- расположение вблизи водоохранной зоны/зоны целебных источников
- загрязнение поверхностных вод фильтрационными водами или в результате размывания отходов
- опасность перемещения газов свалки в сторону близлежащих застроек
- опасность оползания массива свалки или его частей

3. Группа 3

- загрязнение неиспользуемой грунтовой воды
- угроза растительному миру
- обнаженная поверхность недействующих свалок

4. Группа 4

По имеющимся сведениям место свалки далее не подлежит обследованию.

9.1. Примечания к пункту 9.

10. Причины улучшения методов контроля.

11. Принятие решения об очистных работах.

место, дата

Бюро, выполняющее работу

Исполнитель

12. Рабочие отметки (примечания) LFUG

.....
12.1 Дополнительная проверка представленного списка (см.выше)

день, месяц, год Hz

12.2. Представление сведений

день месяц год Hz

12.3. Дополнительная проверка места свалки

день месяц год Hz

В проверке участвовали

1. власти округа
2. земельное ведомство по вопросам геологии
3. земельное ведомство по вопросам водных ресурсов
4. управление водных ресурсов
5. комитет по надзору за деятельностью промышленности
6. комитет по здравоохранению
7. LFUG

12.4. Результаты дополнительной проверки
необходимы ли дальнейшие мероприятия?

0 нет

1 да, контроль

2 да, восстановительные очистные работы

12.5. Внесение в каталог недвижимости

день месяц год Hz

- сбор данных и их оценка
- определение границ и картографирование массива
- характеристика массива

- документирование полученных результатов
- принятие решения
 - * о необходимости принятия мер
 - * о мероприятиях по контролю
 - * о восстановительных работах

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 | **ОБЪЕКТЫ, ПОДОЗРЕВАЕМЫЕ В
СОЗДАНИИ «СТАРЫХ НАГРУЗОК» И
ПЕРЕЧЕНЬ ВОЗМОЖНЫХ ВРЕДНЫХ
Веществ**

**(Источник: SRU, nach Haas et al., 1989; LAGA, 1989;
Niclauss et al., 1989; Wolff, 1989)**

Вид производства	Опасные вещества
Производство батарей, аккумуляторов	Сурьма, мышьяк, свинец, кадмий, хром, фториды, медь, никель, ртуть, кислоты и основания, селен, цинк
Производство неорганических соединений и химикатов	Аммоний, сурьма, мышьяк, бериллий, свинец, кадмий, хром, цианиды, динитрофенол, фториды, фторсиликаты, медь, никель, нитробензол, пентахлорфенол, ртуть, кислоты и щелочи, селен, тетрахлорметан, таллий, тиоцинат, ванадий, цинк
Производство минеральных удобрений	Сурьма, мышьяк, кадмий, фторсиликаты, медь, кислоты и щелочи, таллий
Производство органических веществ, химикатов и фармацевтика	Возможны многие вещества, направление предприятия определяет наличие вредных веществ в каждом конкретном случае
Производство синтетических материалов (пластмасс)	Акрилнитрил, бензол, свинец, кадмий, хром, цианид, дибромэтан, дихлорэтан, дихлорэтен, дихлорпропан, динитротолуол, эпихлоргидрин, фториды, крезол, РАН, фенол, фталаты, кислоты и основания, селен, тетрахлорметан, трихлорметан, толуол, винилхлорид, цинк
Производство красок и лаков	Антрацен, сурьма, мышьяк, бензин, бензол, свинец, кадмий, хлорбензол, хлорфенол, хром, цианиды, дихлорметан, динитрофенол, динитротолуол, этилбензол, фторэтен, фториды, крезол, медь, мезитилен, минеральное масло (нефть), нафталин, нитробензол, РАН, РСВ, пентахлорфенол, фенол, фталаты, ртуть, кислоты и щелочи, селен, дегтярное масло, тетрахлорэтан, тетрахлорэтен, тетрахлорметан, толуол, трихлорэтан, трихлорэтен, трихлорметан, ксилол, цинк

Вид производства	Опасные вещества
Производство химических средств защиты растений, препаратов для борьбы с вредителями	Алдрин, мышьяк, бензол, свинец, хлорбензол, хлорфенол, хром, цианиды, ДДТ, дибромэтан, дихлорфенол, дихлорпропан, динитрофенол, эпихлоргидрин, фториды, фторсиликаты, гексахлорбензол, гексахлорциклогексан, крезол, медь, нафталин, нитробензол, пентахлорфенол, фенол, ртуть, селен, ТСДД, дегтярное масло, тетрахлорметан, таллий, трихлорбензол, трихлорфенол, тетрахлорэтан, трихлорметан, ксилол, цинк
Производство боеприпасов и взрывчатых веществ	Ароматические амины, сурьма, мышьяк, свинец, хром, динитробензол, динитрофенол, динитротолуол, медь, металаминнитрат, нитробензол, нитрофенол, фенол, ртуть, кислоты и основания, толуол, тримитилен-тринитроамин (гексоген), тринитротолуол
Установки для обогащения растворителей, химикатов и т.д.	Возможно наличие многих вредных веществ, что определяет для каждого отдельного случая направление деятельности предприятия
Предприятия по добыче каменного угля, газовые и коксохимические заводы	Аммоний, антрацен, мышьяк, асбест, бензопирен, бензол, свинец, хром, цианиды, этилбензол, фториды, крезолы, мезитилен, минеральное масло, нафталин, РАН, фенол, кислоты и основания, дегтярное масло, тиоцианал, толуол, ксилол, цинк
Предприятия по добыче цветных металлических руд	Свинец, кадмий, хром, цианиды, крезол, медь, фенол, ртуть, кислоты и щелочи, цинк
Предприятия по переработке и хранению минеральных масел (нефти) (включая отработанные масла)	Антрацен, мышьяк, бензин, бензол, свинец, хром, дибромэтан, дихлорэтан, дихлорпропан, этилбензол, медь, минеральное масло (нефть), нафталин, никель, РАН, РСВ, PCN, пентахлорфенол, фенол, кислоты и щелочи, селен, ТСДД, дегтярное масло, тетрахлорэтан, тетраэтилсвинец, толуол, трихлорэтан, трихлорэтен, ванадий, ксилол, цинк
Производство железа и стали	Мышьяк, свинец, кадмий, хром, цианиды, фториды, минер. масло (нефть), никель, фенол, ртуть, кислоты и щелочи, ванадий, цинк
Заводы цветной металлургии	Сурьма, мышьяк, бериллий, свинец, кадмий, хром, цианиды, фториды, медь, никель, ртуть, кислоты и основания, селен, таллий, ванадий, цинк

ПРИЛОЖЕНИЯ

Вид производства	Опасные вещества
Заводы по переработке цветных металлов	Сурьма, мышьяк, бериллий, свинец, кадмий, хром, цианиды, фториды, медь, минер.масло (нефть), никель, фенол, ртуть, кислоты и щелочи, цинк.
Литейное производство	Сурьма, мышьяк, кадмий, цианиды, свинец, никель, фенол, ртуть, кислоты и щелочи, ванадий, цинк
Обогащение и закалка металлов	Сурьма, мышьяк, бензин, бензол, свинец, кадмий, хром, цианиды, дихлорметан, фториды, медь, минеральное масло (нефть), никель, ртуть, кислоты и основания, селен, тетрахлорэтан, трихлорэтен, трихлорметан, цинк
Утилизация и обработка туш животных	Аммонит, бензил, тетрахлорэтен
Производство и обработка стекла	Сурьма, мышьяк, бензол, свинец, кадмий, хром, цианиды, фториды, медь, никель, ртуть, селен, цинк
Объекты деревообрабатывающей промышленности	Мышьяк, бензин, хром, ДДТ, дихлорметан, динитрофенол, фторантен, фториды, фторсиликаты, крезол, медь, минер. масло (нефть), нафталин, никель, РСВ, PCN, пентахлорфенол, фенол, ртуть, кислоты и щелочи, ТСДД, дегтярное масло, тетрахлорметан, толуол, трихлорэтен, ксилол, цинк
Производство и переработка бумаги, картона и тканей	Сурьма, мышьяк, бензол, свинец, хром, цианиды
Обработка каучука, пластмасс и асбеста	Сурьма, асбест, акрилонитрил, бензин, бензопирен, бензол, свинец, кадмий, хлорбензол, хром, цианиды, дихлорэтан, дихлорэтен, дихлорметан, дихлорпропан, динитротолуол, эпихлоргидрин, фториды, медь, нитробензол, РАН, РСВ, фенол, фталаты, ртуть, селен, дегтярное масло, тетрахлорметан, толуол, трихлорэтан, цинк
Производство и обработка кож	Мышьяк, хром, фториды, крезол, нафталин, пентахлорфенол, фенол, ртуть, тетрахлорметан
Производство пищевых масел и жиров	Бензин, бензол, хром, дихлорэтан, дихлорметан, никель, кислоты и основания, тетрахлорэтен, тетрахлорметан, трихлорэтен, трихлорметан

Вид производства	Опасные вещества
Химическая очистка	Бензин, бензол, хром, дихлорэтан, тетрахлорэтен, трихлорэтен, трихлорэтан, трихлорметан
Установки по очистке (обработке) отходов и промышленные очистные установки	Возможно наличие многих вредных веществ, что определяется направлением деятельности предприятия
Площадки для металлолома и свалки старых автомобилей	Бензин, свинец, кадмий, хром, нефть, РСВ, тетрахлорэтен, трихлорэтен, цинк
Грузовые станции, локомотивные депо	Возможно наличие многих вредных веществ, что определяется направлением деятельности предприятия и характером транспортируемых грузов
Аэродромы	Бензин, бензол, соединения брома, нефть, фосфаты, тетрахлорэтен, трихлорэтен
Обработка металлов	Цианиды, нефть, тетрахлорэтен, трихлорэтан, трихлорэтен, трихлорметан, (тяжелые металлы)
Бензоколонки	Бензин, бензол, хлороуглеводороды, дизельное топливо, РАН, керосин(нефть), смазочные масла, уайт-спирит, толуол, ксилол

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 | **ТАБЛИЦА ТЕСТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ
РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ И
ГРУНТОВЫХ ВОДАХ ДЛЯ ЗАСЕЛЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ И МЕСТ ЗАБОРА
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (Голландский список)**

(Источник: VROM NL, 1988)

A - рекомендуемые значения

B - контрольные значения на стадии исследования

C - контрольные значения на стадии восстановительных работ

Встречаются в:	Почва (мг/кг сухого вещества)			Грунтовая вода ()		
Вещество/степень концентрации	A	B	C	A	B	C
I Металлы						
хром	BQ	250	800	1	50	200
кобальт	20	50	300	20	50	200
никель	BQ	100	500	15	50	200
медь	BQ	100	500	15	50	200
цинк	BQ	500	3000	150	200	800
мышьяк	BQ	30	50	10	30	100
молибден	10	40	200	5	20	100
кадмий	BQ	5	20	1,5	2,5	10
олово	20	50	300	10	30	150
барий	200	400	2000	50	100	500
ртуть	BQ	2	10	0,05	0,5	2
свинец	BQ	150	600	15	50	200
II Неорганические соединения						
аммоний	-	-	-	200(1000)	1000	3000
фториды	BQ	400	2000	500	1200	4000
цианиды	1	10	100	5	30	100
цианиды в соедин.	5	50	500	10	50	200
сера	2	20	200	10	100	300
бромиды	20	50	300	300	500	2000

Встречаются в:	Почва (мг/кг сухого вещества)			Грунтовая вода ()		
Вещество/степень концентрации	A	B	C	A	B	C
фосфаты	-	-	-	400(3000)	200	700
нитраты	-	-	-	5600	-	-
сульфаты	-	-	-	150000	-	-
хлориды	-	-	-	100000	-	-
III Ароматические вещества						
бензол	0,05n	0,5	5	0,2n	1	5
этилбензол	0,05n	5	50	0,2n	20	60
толуол	0,05n	3	30	0,2n	15	50
ксилол	0,05n	5	50	0,2n	20	60
фенол	0,05n	1	10	0,2n	15	50
ароматические углеводороды	-	7	70	-	30	100
IV Полимерные ароматические углеводороды						
нафталин	BQ	5	50	0,2n	7	30
антрацен	BQ	10	100	0,005n	2	10
фенатрен	BQ	10	100	0,005n	2	10
фториды	BQ	10	100	0,005n	1	5
кризен	BQ	5	50	0,005n	0,5	2
бензопирен	BQ	1	10	0,005n	0,2	1
бензоантрацен	BQ	5	50	0,005n	0,5	2
бензофторид	BQ	5	50	0,005n	0,5	2
инденопирен	BQ	5	50	0,005n	0,5	2
бензоперилен	BQ	10	100	0,005n	1	5
полимерные ароматические углеводороды	1	20	200	-	10	40
V Хлоруглеводороды						
ароматические углеводороды (в чистом виде)	BQ	5	50	0,01n	10	50
ароматические хлоруглеводороды (все)	-	7	70	-	15	70

ПРИЛОЖЕНИЯ

Встречаются в:	Почва (мг/кг сухого вещества)			Грунтовая вода ()		
	A	B	C	A	B	C
хлорбензол (в чистом виде)	BQ	1	10	0,01n	0,5	2,0
хлорбензолы (все)	-	2	20	-	1	5
хлорфенолы (в чистом виде)	BQ	0,5	5	0,01n	0,3	1,5
хлорфенолы (все)	-	1	10	-	0,5	2
полимерные углеводороды	BQ	1	10	-	0,2	1
полихлорбифенолы	BQ	1	10	0,01n	0,2	1
извлеченный органический хлор	0,1	8	80	1	15	70
VI Пестициды						
органические хлорпестициды (в чистом виде)	BQ	0,5	5	1/0,01n	0,2	1
органические хлорпестициды (все)	-	1	10	-	0,5	2
нехлорированные пестициды (в чистом виде)	BQ	1	10	1/0,01n	0,5	2
нехлорированные пестициды (все)	-	2	20	-	1	5
VII Другие виды загрязнений						
тетрагидрофуран	0,1	4,0	40	0,5	10	30
пиридин	0,1	2,0	20	0,5	10	30
тетрагидротеофен	0,1	5,0	50	0,5	20	60
циклогексанон	0,1	6,0	60	0,5	15	50
стирол	0,1	5,0	50	0,5	20	60
фталат (все)	0,1	50	500	0,5	10	50
окисленные полимерные ароматические углеводороды (все)	1	200	2000	0,2	100	400
нефтепродукты	BQ	1000	5000	50n	200	600

*) низшие значения относятся к пескам, высшие - к глинистым и торфянистым грунтам

**) низкие значения используются при оценке прилегающих территорий

***) максимальные значения встречаются в приморских областях

BQ - допустимые значения для почв

- предельный показатель

1) - ароматические соединения (всего) - сумма бензола, этилбензола, толуола, ксилола

2) РАН (всего) - сумма приведенных в п. IV полициклических ароматических углеводородов

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 | СОКРАЩЕНИЯ

<i>LfUG</i>	Landesamt für Umwelt und Geologie - ведомство земли по вопросам (охраны) окружающей среды и геологии
<i>AbfG</i>	Федеральный закон об устрании отходов
<i>AOX</i>	Адсорбируемые органогалогенные соединения
<i>BAT</i>	Допустимые значения биологических пром. веществ
<i>ABfG</i>	Закон об устрании отходов
<i>BTX-Aromaten</i>	Бензол, толуол, ксилол (аром. соединения углеводородов)
<i>BUA</i>	Комиссия по вопросам старых нагрузок и их влиянии на окружающую среду при союзе немецких химиков
<i>BW</i>	Баден-Вюртенберг
<i>CERCLA</i>	Чувствительный датчик по контролю вредных и допустимых параметров
<i>CSB</i>	ХПК (химическая потребность в кислороде)
<i>DDT</i>	1,1,1-трихлор_2,2- до(4 хлорфенил)этан
<i>DEV</i>	Единый общегерманский норматив по анализу воды, сточных вод и шламов
<i>DIN</i>	Институт норм и стандартов ФРГ
<i>DTA</i>	Допустимая дневная норма (а также ADI)
<i>DVGW</i>	Союз по вопросам газа и водных ресурсов Германии
<i>EG</i>	ЕС
<i>EPA</i>	Агенство по защите окружающей среды (США)
<i>GBS</i>	Комитет по устранию спец. отходов в Земле Рейнланд-Пфальц
<i>GC</i>	Газохроматография

<i>GVBE</i>	Общий бюллетень законов и правил
<i>h</i>	час
<i>HE</i>	Гессен
<i>HLfU</i>	Комитет по экологии Земли Гессен
<i>HRS</i>	Система приоритетов опасного воздействия
<i>IWS</i>	Институт вредных веществ, представляющих угрозу для воды (при ТУ Берлина)
<i>LAGA</i>	Межрегиональная рабочая группа по вопросам отходов
<i>LWA</i>	Межрегиональная рабочая группа по вопросам водных ресурсов
<i>LD50</i>	Смертельная доза, которая приводит к летальному исходу 50% подопытных животных
<i>LOLF</i>	Комитет по экологии, обустройству ландшафтов и лесному хозяйству Земли Сев. Рейн-Вестфалия
<i>MAK</i>	Максимальная концентрация на рабочем месте
<i>MELF</i>	Земельное Министерство питания, сельского и лесного хозяйства
<i>MELUF</i>	Земельное Министерство питания, экологии, сельского и лесного хозяйства
<i>MIK</i>	Максимальная концентрация выброса
<i>Mio</i>	миллион
<i>Mrd</i>	миллиард
<i>MS</i>	масс-спектрометрия
<i>Nds</i>	Н.Саксония
<i>NATO/CCMS</i>	Организация Североатлантического договора
<i>ng</i>	нанограмм (10^{-9} g)
<i>NL</i>	Нидерланды
<i>NW</i>	Северный Рейн-Вестфалия

<i>PAH PAK</i>	Полициклические ароматические углеводороды
<i>PCB</i>	полихлорбифенилы
<i>PCDD</i>	полихлордибензо-р-диоксины
<i>PCDF</i>	полихлордибензофураны
<i>PCN</i>	полихлорнафталины
<i>pg</i>	пикограмм (10^{-12} г)
<i>pH-wert</i>	водородный показатель
<i>PIWI</i>	допустимый уровень в неделю
<i>PVC</i>	поливинилхлорид
<i>RhPf</i>	Рейнланд-Пфальц
<i>Rn</i>	максимальное значение
<i>SH</i>	Шлезвиг-Гольштейн
<i>SMBL.NW</i>	Сводный бюллетень Министерств Земли Сев.Рейн-Вестфалия
<i>SRU</i>	Совет по вопросам экологии
<i>t</i>	тонна (10^6 г)
<i>TA Luft</i>	техн.хар-ки по чистоте атмосферы (воздуха)
<i>TCDD</i>	2,3,7,8 - тетрахлордибензо-р-диоксин двуокись
<i>TGU</i>	Техн. Совет по грунтовым водам и охране среды (GmbH, Кобленц)
μg	микрограмм (10^{-6} г)
μm	микрометр (10^{-6} м)
<i>UM</i>	Земельное Министерство экологии
<i>UMK</i>	Конференция Министров экологии
<i>UVR</i>	экологический тест
<i>VDI</i>	Союз немецких инженеров
<i>VROM</i>	Министерство здравоохранения, землеустройства и экологии Голландии

WYG

Закон о водном хозяйстве

WHO

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К РАЗДЕЛУ III

Thome-Kozmiensky K.J. Deponie-Ablagerungen von Abfällen Band I bis 4, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1987/1991.

Reitenberger G. Grundlagen der Entgasungstechnik. In: Deponie - Ablagerungen von Abfällen Bd. 2, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1988.

Oeltzschner H. Anforderungen an Basisabdichtungen - einschliesslich Aufstandsfluchen. In Deponie - Ablagerungen von Abfällen Bd. 2, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1988.

Thome-Kozmiensky K.J., Loll U. Recycling von Klärschlamm Bd. 1/2, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1985/1987.

Bischoffsberger W. Konventionelle und künftige Verfahren der Sickerwasserentsorgung. In: Deponie - Ablagerungen von Abfällen. Bd. 2, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1988.

Schenkel W., Thome-Kozmiensky K.J. Konzepte in der Abfallwirtschaft. Bd. 1/2/3, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1987/1988/1990.

Thome-Kozmiensky K.J. Müllverbrennung und Umwelt. Bd. 3, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1990.

August H. Untersuchungen über Kunststoffdichtungen - Grundwasserchutz im Bereich von Deponien und Altlasten. In: Deponie - Ablagerungen von Abfällen. Bd. 2, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1988.

Dorhofer G. Geologische Standorttypen für Deponien - ein Ansatz zur Definition der geologischen Barriere. Aachen, 1987.

Kiefer F., Engel H. Abfall als Rohstoff. Abfallwirtschaftsjournal, 1992/11, EF-Verlag, Berlin.

Thome-Kozmiensky K.J. Abdichtungen von Deponien und Altlasten. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, 1992.

Schriftenreihe Angewandte Geologie Karlsruhe. Herausgeber: Prof. Dr. K.Czurda, Prof. Dr. H.Hotzl ab 1987 und ff.

Empfehlungen des Arbeitskreises «Geotechnik der Deponien und Altlasten». Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau. Ernst und Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 1990/1993.

Geotechnische Probleme beim Bau von Abfalldeponien.
Nurnberger Deponieseminare Veroffentlichungen des
Grundbauinstitutes der Landesgewerbeanstalt Bayern (Eigenverlag).
Nürnberg, 1989 und ff.

| INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	10
<i>Teil I. Technogene Ablagerungen im Bergbau</i>	16
<i>Kapitel I. Trockene Kippen</i>	16
1. Allgemeine Angaben	16
2. Kippen von Kohlen- und Salzgruben	39
3. Standfestigkeit und Konsolidation von Schüttungen und Untergrund (von Kippen und Basis)	51
4. Geomechanische Begründung der Vorbereitung von Terri- torien der Kippen für zukünftige (weitere) Nutzung.....	83
5. Wiederurbarmachung von Kippenflächen	111
6. Verwendung von Bergbauverfahren bei Anlage von kommunalen Rückstandablagerungen	134
<i>Kapitel II. Spulkippen</i>	142
1. Allgemeines	142
2. Zustandsveränderung von Spulkippen.....	151
3. Rekultivierung von Spulkippen und Rückstandshalden	182
<i>Kapitel III. Geoökologische Aspekte der Erforschung von Rückstandehalden</i>	203
1. Allgemeine Angaben	203
2. Informationen zur geoökologischen Einschätzung von Aufbereitungsrückständen	212
3. Analyse von Resultaten der geochemischen Forschungen	229
<i>Kapitel IV. Monitoring von Kippen</i>	248
1. Ökologische Überwachung	248
2. Geomechanische Überwachung	262

Literatur zum Teil I	281
<i>Teil II. Altlasten</i>	294
<i>Kapitel V. Allgemeine Grundlage</i>	294
1. Definition und Problematik	294
2. Rechtliche Aspekte der Altlasten	298
3. Arbeitsschritte zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten.....	301
4. Erfassung von Altlastung.....	303
<i>Kapitel VI. Gefährdungsabschätzung</i>	308
1. Allgemeine Angaben	308
2. Eigenschaften und Volumen von Schadstoffen	309
3. Beurteilungskriterien von Gefährlichkeit der Kontaminierung	318
4. Verfahren zur Untersuchung von Altlasten	335
5. Maßnahmen des Arbeitsschutzes bei Tätigkeit auf kon- taminiertem Gelände	353
<i>Kapitel VII. Sanierung von Altlasten</i>	363
1. Sanierungsziel und Sanierungsbegriff	363
2. Massnahmen zur Abwehr und Beherrschung von Auswirkun- gen aus Altlasten	364
3. Sanierungsverfahren	367
4. Überwachung der Altlastensanierung	391
5. Kosten und Finanzierung (deutsche Erfahrung)	393
Literatur zum Teil II	399
<i>Teil III. Oberirdische Deponien</i>	407
<i>Kapitel VIII. Voraussetzungen</i>	407
1. Einleitung	407

2. Haupttrichtung der Lagerung und der Behandlung von Rückständen	411
3. Ökologischer Test	415
4. Deponienklassifikation	419
<i>Kapitel IX. Neubau von Deponien</i>	425
1. Konstruktionsprinzipien und Standortfragen	425
2. Behandlung von Rückständen bei ihrer Lagerung	442
3. Geotechnisches Verhalten von oberirdischen Deponien	447
4. Oberflächeabdichtung und Entgasung	460
5. Überwachungs- und Nachsorgemassnahmen	476
6. Betreiben einer Deponie.....	479
7. Qualitätssicherung bei Bau und Sanierung von Deponien	480
8. Renaturierung und Landschaftsgestaltung	485
9. Sicherungs- und Sanierungsmassnahmen für Altdeponien	486
Literatur zum Teil III	526

Anlagen

1. Die Liste der russischen (sowjetischen) Normativen, die auf dem Gebiet der Behandlung industriellen und kommunalen Rückständen gultig sind	493
2. Die Liste der in der BRD geltenden Gesetze, Normen und Vorschläge auf dem Gebiet der Behandlung und Lagerung von Rückständen	499
3. Erfassung von Altlasten.....	500
4. Altlastenverdächtige Objekte und möglichen Schadstoffe	514
5. Prüfungen des Gehaltes an verschiedenen Stoffen im Boden und Grundwasser für die Besiedlung des Territorien und Trinkwasserentnahmepunkten (Holland Liste)	518
6. Abbiaviaturen.....	522

| CONTENTS

Introduction	10
<i>Section I. Man-created massives in Mining Practice</i>	16
<i>Chapter I. Rook-piles</i>	16
1. General Information	16
2. Dumps from coal and salt mines	39
3. Stability and compaction of the «dump-basement» system	51
4. Geomechanical justification of dump area preparation for subsequent usage	83
5. Recalvation of dumps	111
6. Application of mining technologies at waste disposal areas in municipal economy	134
<i>Chapter II. Hydraulically filled massives</i>	142
1. General Information	142
2. Specifically oriented changes in the condition on hydraulically filled massives	151
3. Reclamation of hydraulic dumps and tailings' dams	182
<i>Chapter III. Geological and environmental aspects of tailings storages studies</i>	203
1. General Information	203
2. Informational base for the environmental assessment of mining wastes	212
3. The analysis of geochemical researches results In tailing storages	229
<i>Chapter IV. Monitoring of dump massives</i>	248
1. Geological and ecological control	248

CONTENTS

2. Geomechanical control	262
References to Section I	281
<i>Section II. Old man-created contaminated sites</i>	294
<i>Chapter V. General aspects</i>	294
1. Concepts and definitions	294
2. Legal aspects	298
3. Measures for discovering and cleaning of man- created massives	301
4. Registration of old man-created contaminated sites	303
<i>Chapter VI. Evaluation of contamination danger</i>	308
1. General Information	308
2. Properties and volume of harmful substances	309
3. Criteria for evaluation of contamination danger	318
4. Methods for study the old man-created contaminated sites	335
5. Safety measures during the work at contaminated sites	353
<i>Chapter VII. Cleaning of residual contaminations</i>	363
1. Preliminaries	363
2. Development of dangerous areas and protection against «old contamination»	364
3. Cleaning methods	367
4. Monitoring the cleaning of old contaminated sites	391
5. Expenses and Investments	393
References to Section II	399
<i>Section III. Surface scrap-heaps</i>	407
<i>Chapter VIII. Initial propositions</i>	407
1. Introduction	407

2. Main trends In disposal and processing of wastes	411
3. Ecological test	415
4. Classification of scrap-heaps	419
<i>Chapter IX. Scrap-heaps construction</i>	<i>425</i>
1. Principles of construction	425
2. Treatment of wastes In the process their disposal	442
3. Geotechnical characteristics of a surface scrap-heap	447
4. The lining of surface, degasification	460
5. Measures of control.....	476
8. Scrap-heap exploitation	479
7. Provision for the quality in the process of building and cleaning works	480
8. Recultivation and recreation of the lanscape	485
9. Protective and cleaning measures for old scrap-heaps	485
References to Section III	526
 Appendixes	
1. A list of the Russian (Soviet) normative acts valid in the field of disposal of industrial wastes and their usage	493
2. A list of main law norms now in operation in Germany and proposals concerning processing and disposal of wastes	499
3. Registration of old contaminated sites	500
4. Objects which are suspected to old contaminated sites and a list of possible harmful substances	514
5. A test for varions substance content in the soil and ground waters for the populated territories and points of water intake (Holland's list)	518
6. Abbreviations	522

ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

*Гальперин Анатолий Моисеевич
Фёрстер Вольфганг
Шеф Ханс-Юрген*

ТЕХНОГЕННЫЕ МАССИВЫ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Редактор издательства О.Ю.Колосова

Компьютерная верстка на настольной издательской системе IBM

Технический редактор В.А.Богачева

Сдано в набор 22.04.96, подписано в печать 10.01.97, бумага Zoom Ultima
формат 29,6 × 42 1/8, гарнитура «Dutch», ризография,
усл. печ. л. 27,7, уч.-изд. печ. л. 33,25, заказ № 43, тираж 800.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Лицензия на издательскую деятельность ЛР №062809 от 30.06.93 г.,
код издательства 5X7(03)

*Отпечатано в типографии Издательства Московского государственного
горного университета, 117935, Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 6*

